

Gutachten

zu den möglichen Auswirkungen eines Grubenwasser-
anstiegs im Ruhrrevier auf die Schutzgüter
und den daraus resultierenden Monitoring-Maßnahmen

erstattet von

INGENIEURBÜRO HEITFELD - SCHETELIG GMBH

BEARBEITER:

PROF.-DR. K. SCHETELIG

DR.-ING. M. HEITFELD

DIPL.-GEOL. P. ROSNER

DIPL.-GEOL. B. PAAPE

im Auftrag der Bezirksregierung Arnsberg,
Abteilung 8 Bergbau und Energie in NRW

Aachen, den 30. April 2007

Dieser Bericht besteht aus 198 Seiten, 3 Anh. und 29 Anl.

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	0
Zusammenfassung	1
Veranlassung, Einleitung	4
Teil A - Überblick über die möglichen Auswirkungen eines Grubenwasseranstiegs und Schutzmaßnahmen	1
1 Erfahrungen aus deutschen Steinkohlenrevieren	1
1.1 Inde-Revier	1
1.2 Aachener Revier	2
1.3 Erkelenzer Revier	7
1.4 Ibbenbüren	11
2 Erfahrungen aus europäischen Stilllegungsbereichen	14
2.1 Niederlande - Südlimburger Steinkohlenrevier	14
2.2 Frankreich	18
2.3 Großbritannien	22
2.4 Italien	24
Teil B - Bergbaulich-geologisch-hydrogeologisches Modell des Ruhrreviers	1
1 Beschreibung des Untersuchungsbereiches „Ruhrgebiet“	1
1.1 Allgemeines	1
1.2 Verwaltungsstrukturen	2
1.3 Naturräumliche Gliederung	7

1.4	Vorflutverhältnisse	9
1.5	Historische Entwicklung des Bergbaus an der Ruhr	12
1.6	Heutige Bergbauzonen	14
1.7	Hinterlassenschaften des Bergbaus	18
1.7.1	Tiefer Bergbau	18
1.7.2	Oberflächennaher und tagesnaher Bergbau	19
1.7.3	Tagesschächte, Stollen	20
1.7.4	Polderflächen	21
1.8	Bergbaugesellschaften	23
2	Geologisch-hydrogeologisches Modell	25
2.1	Aufbau Steinkohlegebirge	25
2.1.1	Grundzüge der Tektonik	25
2.1.2	Verbreitung der Steinkohle führenden Schichten	27
2.1.3	Erzvorkommen	29
2.1.4	Höhenlage der Karbonoberfläche/Deckgebirgsmächtigkeit	29
2.2	Aufbau Deckgebirge	30
2.2.1	Westfälischer Raum - Münsterländer Becken	32
2.2.2	Niederrhein-Gebiet	41
2.2.3	Abgrenzung von Hydrogeologischen Homogenbereichen	47
2.2.4	Gasvorkommen	50
3	Bergbauliche Einflussfaktoren	52
3.1	Grubenwasser	52
3.1.1	Grubenwasserzonen	52
3.1.2	Bergbauliche Wasserhaltung	54
3.1.3	Wasseraustritte im Vorflutniveau	62
3.2	Grubengas	63
3.2.1	Zonierungsmodelle	65

3.2.2	Geologisch-hydrogeologische und bergbauliche Grundlagen der Ausgasung	67
3.2.3	Abgrenzung von Zonen unterschiedlicher Ausgasungsproblematik	74
3.2.4	Bestehende Schutzkonzepte	76
3.2.5	Grubengasnutzung	79
3.2.6	Weitergehende Untersuchungen	80
3.3	Bodenbewegungen	81
3.3.1	Bergsenkungen	81
3.3.2	Bodenhebungen	82
4	Naturräumliche Schutzgüter	84
4.1	Grundwasserkörper	84
4.2	Mineralbrunnen	93
4.3	Grundwasserabhängige Naturschutzgebiete („Natura 2000“)	95
4.4	Vorfluter	96
4.5	Altlasten	102
5	Standsicherheit der Tagesoberfläche	104
Teil C - Grundlagen eines Monitoring-Systems für das Ruhrrevier		1
1	Prognosemodelle	1
1.1	Boxmodell	1
1.2	Untersuchungen zur Entwicklung der Grubenwasserschichtung	3
1.3	Grundwassermodelle	6
1.4	Methan-Austritte an der Geländeoberfläche	8
1.5	Bodenhebungen	9
2	Überwachungsmaßnahmen, -methoden	11

2.1	Seismische Erfassung von Grubenwasserständen	11
2.2	In-Situ-Messtechnik	12
2.3	Erfassung von Bodenbewegungen mittels Satellitendaten	13
2.4	Mikrobeben	14
3	Annahmen für das bergbaulich-geologisch-hydrogeologische Modell	17
3.1	Hydraulische Verbindungen innerhalb des Steinkohlenreviers (Wasserprovinzen) und Entwicklung des Grubenwasseranstiegs	18
3.2	Entwicklung des Grubenwasserchemismus im Verlauf des Grubenwasseranstiegs	19
3.3	Entwicklung der Methan-Ausgasung im Verlauf des Grubenwasseranstiegs	21
3.4	Bodenhebungen	22
3.5	Hydrogeologische Homogenbereiche „HY“	23
3.5.1	HY 1	24
3.5.2	HY 2	26
3.5.3	HY 3	30
3.5.4	HY 4	32
4	Schutzziele, Problemzonen	34
5	Untersuchungs- und Forschungsbedarf	37
6	Definition von Überwachungszonen und -modulen für das Monitoring des Grubenwasseranstiegs	41
6.1	Überwachungszonen des Monitoring-Systems	41
6.2	Module des Monitoring-Systems	43

Teil D - Musterkatalog für Monitoring-Maßnahmen im Rahmen der stufenweisen Einstellung der Wasserhaltung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrrevier			1
1	Allgemeines		1
2	Zone A		2
2.1	Modul A1 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus		2
2.2	Modul A3 - Einstau des Deckgebirges		4
3	Zone B		4
3.1	Modul B1 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus		4
3.2	Modul B3 - Einstau des Deckgebirges		5
4	Zone C		5
4.1	Modul C1 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus		5
4.2	Modul C3 - Einstau des Deckgebirges		6
5	Zone D		6
5.1	Modul D1 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus		6
5.2	Modul D3 - Einstau des Deckgebirges		7
6	Zone E		8
6.1	Modul E1 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus		8
6.2	Modul E2 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon im Niveau des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus		8
6.3	Modul E3 - Einstau des Deckgebirges		9

7	Zone F	9
7.1	Modul F1 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus	9
7.2	Modul F2 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon im Niveau des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus	10
7.3	Modul F3 - Überstau Vorflutniveau	10
8	Berichtswesen	12
9	Schlussbemerkung	13

Abbildungsverzeichnis**Teil B**

Abb. B1: Siedlungsstruktur des Ruhrgebietes (www.wikipedia.org/wiki/Ruhrgebiet)	1
Abb. B2: Verwaltungsgliederung im Ruhrgebiet (Regierungsbezirke, Kreise, kreisfreie Städte, Quelle: www.wikipedia.org/wiki/Ruhrgebiet)	2
Abb. B3: Bergverwaltungsgebiete in NRW (ehemalige Bergamtsbezirke, Quelle www.bezirksregierungs-arnsberg.de)	3
Abb. B4: Verbandsgebiet Emschergenossenschaft mit Klär- und Pumpwerken (Quelle: Emschergenossenschaft und Lippeverband - www.eglv.de , 2007)	4
Abb. B5: Verbandsgebiet Lippeverband mit Klär- und Pumpwerken (Quelle: Emscher-genossenschaft und Lippeverband - www.eglv.de , 2007)	5
Abb. B6: Verbandsgebiet LINEG (Quelle: LINEG - www.lineg.de , 2007)	6
Abb. B7: Verbandsgebiet Ruhrverband (Quelle: Ruhrverband - www.ruhrverband.de , 2007)	6
Abb. B8: Naturräumliche Gliederung des Ruhrgebietes (Quelle: http://www.sendfeld.de/staatsarbeit/oberthemen/ruhrgebiet/r4.htm)	7
Abb. B9: Nordwanderung des Steinkohlenbergbaus (Quelle: http://www.sendfeld.de/staatsarbeit/ , 2007)	13
Abb. B10: Zonen der bergbaulichen Wasserwirtschaft im Ruhrrevier mit Bereich des oberflächennahen Bergbaus (Stand 12.2006)	15
Abb. B11: Repräsentativer Querschnitt durch das zentrale Ruhrrevier (aus Geologische Karte des Ruhrkarbons, Maßstab 1:100.000)	26
Abb. B12: Grundwasserfließsystem des Münsterländer Kreidebeckens (nach MICHEL (1964), STRUCKMEIER (1990) und JÄGER ET AL. (1990))	34
Abb. B13: Grubenwasserzonen nach HAHNE & SCHMIDT (1982)	53
Abb. B14: Wasseraustritte am St. Johannes Erbstollen im Muttental - Wittener Mulde (Quelle: www.7grad.org , 2007)	62

Abb. B15: Planungen für den Emscher-Kanal zwischen Dortmund und Klärwerk Emscher-Mündung (Quelle: ALTHOFF & KETTELER, 2007 bzw. www.emscherzukunft.de , 2007)	99
--	----

Teil C

Abb. C1: Epizentren seismischer Ereignisse im Ruhrgebiet 1983 bis 2003 (Quelle: www.geophysik.ruhr-uni-bochum.de/seisobs/stations/index.html , 2007)	15
--	----

Tabellenverzeichnis

Teil B

Tab. B1: Chlorid-Fracht der Grubenwassereinleitung 2005 (nach FUCHS, 2006)	58
Tab. B2: Gaszuströmungen nach Edelhoff-Dauben (2001)	66
Tab. B3: Überblick über die Anwendbarkeit von Sanierungskonzepten bei Methan-Zuströmungen an der Tagesoberfläche (aus EDELHOFF-DAUBEN, 2001)	78

Anhangverzeichnis

Anh. 1: Verwendete Unterlagen	
Anh. 2: Module des Monitoring-Systems	
Anh. 3: Parameterpakete der hydrochemischen Untersuchungen	

Anlagenverzeichnis

Teil B

- Anl. B1a: Topographische Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B001a)
- Anl. B1b: Morphologische Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B001b)
- Anl. B2: Bereiche des Steinkohlenabbaus im Ruhrrevier,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B002)
- Anl. B3: Tagesöffnungen des Steinkohlenbergbaus im Ruhrrevier,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B003)
- Anl. B4: Polderflächen im Ruhrrevier,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B004)
- Anl. B5: Bergbauliche Eigentumsverhältnisse im Verbreitungsgebiet des
oberflächen- und tagesnahen Bergbaus,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B005)
- Anl. B6: Tektonische Hauptstrukturen und Vererzungen des Ruhrreviers,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B006)
- Anl. B7: Verbreitung der Karbonschichten an der Karbonoberfläche,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B007)
- Anl. B8: Höhenlage Karbonoberfläche,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B008)
- Anl. B9: Ausbildung der Deckgebirgsschichten an der Karbonoberfläche,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B009)
- Anl. B10: Profile 1, 2, 4, 6 ,8, (Zeichnungs-Nr. 127-01-B010.1 bis 10.5)
- Anl. B11: Verbreitung und Mächtigkeit des Emscher-Mergels,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B011)
- Anl. B12: Ausbildung der oberflächennahen Deckgebirgsschichten (Quartär
abgedeckt),
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B012)

- Anl. B13: Verbreitung der maßgeblichen hydraulischen Barrierschichten im Deckgebirge,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B013)
- Anl. B14: Hydrogeologische Homogenbereiche im Ruhrrevier,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B014)
- Anl. B15: Wasserhaltungsniveaus, Fördermengen und Wasserqualität der Grubenwasserhaltungen des Ruhrreviers,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B015)
- Anl. B16: Einleitstellen des Grubenwassers,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B016)
- Anl. B17: Methan-Zuströmungen an der Tagesoberfläche,
Zonierungsmodelle,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B017)
- Anl. B18: Bewilligungs- und Erlaubnisfelder für die Gewinnung bzw. Aufsuchung von Grubengas im Ruhrrevier,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B018)
- Anl. B19: Bergsenkungen im Ruhrrevier - Verteilung von Abbauflächen und Poldergebieten,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B019)
- Anl. B20: Oberflächennahe Grundwasserkörper im Ruhrrevier,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B020)
- Anl. B21: Wasserwirtschaftlich bedeutsame Grundwasserkörper im Ruhrrevier,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B021)
- Anl. B22: Trinkwasserschutzgebiete und Mineralbrunnen im Ruhrrevier,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B022)
- Anl. B23: Wasserabhängige FFH-Gebiete und Vogelschutzgebiete des europäischen ökologischen Netzes „Natura 2000“ im Ruhrrevier,
Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B023)

Anl. B24: Biologische Gewässergüte der Vorfluter im Ruhrrevier (nach MUNLV a bis d), Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B024)

Anl. B25: Tagesbrüche im Ruhrrevier gemäß Bezirksregierung Arnsberg, Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-B025)

Teil C

Anl. C1: Homogenbereiche des Monitoring-Systems Grubenwasseranstieg Ruhrrevier, Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-C001)

Anl. C2: Module des Monitoring-Systems Grubenwasseranstieg im Ruhrrevier
(Zeichnungs-Nr. 127-01-C002)

Teil D

Anl. D1: Übersichtslageplan zum Monitoring-System Grubenwasseranstieg Ruhrrevier, Maßstab 1:300.000 (Zeichnungs-Nr. 127-01-D001)

Vorbemerkung

Ein wesentlicher Bestandteil der vorliegenden Untersuchungen ist die Bewertung und das Monitoring der in den Steinkohlengruben zirkulierenden Wässer sowie deren Einfluss auf das Wasser im Deckgebirge und die Vorfluter. In diesem Zusammenhang wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen explizit unterschieden zwischen **Grundwasser und Grubenwasser**.

Der Begriff „Grubenwasser“ wird nachfolgend verwendet für alle Wässer, die im karbonischen Festgestein zirkulieren und durch untertägig geschaffene Grubenbaue hinsichtlich der hydrochemischen Zusammensetzung beeinflusst sind.

Im Rahmen der Passage durch die untertägigen Grubenbaue führen hydrochemische Prozesse zu einer Veränderung der Wasserqualität sowie zur Durchmischung von Wässern, die natürlicherweise nicht in Kontakt stehen. Darüber hinaus ist mit einer Beeinflussung der Wasserqualität durch Betriebswasser und Betriebsstoffe zu rechnen. Grubenwasser bezeichnet in diesem Sinne auch, das im Rahmen des Grubenwasseranstiegs aus den untertägigen Abbaubereichen in das Deckgebirge aufsteigende Wasser, das sich im Deckgebirge mit dem natürlich zirkulierenden „Grundwasser“ mischt.

Diese Unterscheidung stellt ausdrücklich keine wasserrechtliche Bewertung dar.

Zusammenfassung

Der subventionierte Steinkohlenbergbau soll nach den politischen Vereinbarungen der „Kohlerunde“ vom 07.02.2007 bis 2018 eingestellt werden. Die Landesregierung geht davon aus, dass auch die für das Jahr 2012 vorgesehene Überprüfung dieser grundsätzlichen Entscheidung nicht zu einem abweichenden Ergebnis führen wird, da nicht erkennbar ist, dass sich die Förderkosten deutscher Steinkohle und die Importpreise für Steinkohle bis dahin mehr als nur unerheblich annähern oder andere Umwälzungen der Energiemärkte dazu führen, dass der Auslaufbeschluss zu revidieren wäre. Dies bedeutet für das Ruhrrevier in letzter Konsequenz die Schließung der heute noch betriebenen Zechenstandorte und einen weitflächigen Wiederanstieg des Grubenwassers auch in den im Einflussbereich der zentralen Wasserhaltung gelegenen Stilllegungsbereichen. In den Erblastenverträgen mit den Revierländern gewährleistet die RAG-Stiftung die dauerhafte Finanzierung der Ewigkeitslasten des Steinkohlebergbaus der RAG AG. Im Rahmen der Einigung und der Ermittlung des Umfangs der Tätigkeiten wurde von einer Wasserhebung auf Dauer ausgegangen.

Im Zuge des Grubenwasseranstiegs muss unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus anderen Stilllegungsbereichen, z.B. dem Aachener und dem Erkelenzer Steinkohlenrevier, mit vielfältigen Einwirkungen insbesondere auf den Grundwasserhaushalt und die Tagesoberfläche gerechnet werden. Die sich hieraus für das Ruhrrevier ergebenden Risiken müssen frühzeitig abgeschätzt und die Konzeption zur Abwicklung des Grubenwasseranstiegs auf eine Minimierung dieser Risiken abgestimmt werden. Eine wesentliche Grundlage dazu bildet einerseits die Entwicklung wissenschaftlich fundierter Prognosemodelle sowie andererseits die Bestandsaufnahme und Überwachung

potenzieller Einwirkungsbereiche vor Beginn und im Verlauf des Grubenwasseranstiegs.

Mit dem vorliegenden Gutachten vollzieht die Bergbehörde einen ersten Region-übergreifenden Schritt zur Erfassung von potenziellen Einwirkungen und Risiken eines flächenhaften Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier. Darauf aufbauend werden einerseits der Untersuchungs- und Forschungsbedarf zur Schließung von Erkenntnislücken aufgezeigt sowie andererseits der Rahmen für einen Maßnahmenkatalog zur Erfassung und Überwachung der möglichen Einwirkungen vorgelegt.

Als Grundlage für die Identifikation und Bewertung der möglichen Einwirkungen eines Grubenwasseranstiegs wurde im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung ein erstes bergbaulich-geologisch-hydrogeologisches Modell des Ruhrreviers erarbeitet. Dabei wurde im Wesentlichen auf die durch JÄGER ET AL. (1990) im Zusammenhang mit den Untersuchungen zur Untertagedeponierung von Reststoffen im Ruhrrevier geschaffenen Grundlagen zurückgegriffen. Anhand dieses Modells wurden für das Ruhrrevier vier hydrogeologische Homogenbereiche definiert, die nach dem heutigen Kenntnisstand Hauptbereiche mit unterschiedlichen Einwirkungspotenzialen infolge des Grubenwasseranstiegs abgrenzen. In einem weiteren Bearbeitungsschritt wird ein Überblick über die im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu berücksichtigenden bergbaulichen Faktoren gegeben. Dies umfasst einerseits eine Darstellung der Verteilung von Abbaubereichen, Tagesöffnungen und Polderflächen sowie andererseits die Zusammenstellung von Einwirkungen auf die Vorfluter als Folge der Einleitung der gehobenen Wässer. Darüber hinaus wird insbesondere auf die Problematik der Methan-Ausgasungen an der Tagesoberfläche eingegangen. Anhand der Hydrogeologischen Homogenbereiche werden eine nach den maßgeblichen geologisch-

hydrogeologischen Faktoren der Ausgasungsvorgänge orientierte Einteilung in Zonen mit unterschiedlicher Ausgasungsproblematik im Rahmen des Grubenwasseranstiegs vorgenommen und entsprechende Problemzonen ausgewiesen.

Eine wichtige Grundlage für die Bewertung der möglichen Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs bildet die Bestandsaufnahme der betroffenen Schutzgüter. Dazu wird u.a. eine Übersicht über die wasserwirtschaftlich bedeutsamen Grundwasserkörper sowie die Verteilung von Wasserschutzgebieten und Mineralquellen im Ruhrrevier gegeben. Darüber hinaus werden die möglichen Auswirkungen von Bodenhebungen im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstiegs diskutiert und der Handlungsbedarf im Hinblick auf die Erfassung und Bewertung der bisher erfolgten Bodenbewegungen als Folge des Steinkohlenbergbaus aufgezeigt.

Auf der Grundlage dieser Bestandsaufnahme werden für die vorab definierten Hydrogeologischen Homogenbereiche Annahmen zu den im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Einwirkungen auf die Schutzgüter getroffen, die verfügbaren Prognosemodelle aufgezeigt und der weitere Forschungsbedarf skizziert. Darauf aufbauend wird ein modulares Monitoring-System zur Erfassung des Grubenwasseranstiegs sowie der potenziellen Einwirkungen auf die Schutzgüter entwickelt. Dabei werden in Anlehnung an die vorab definierten Hydrogeologischen Homogenbereiche für das Ruhrrevier insgesamt fünf Überwachungszonen mit jeweils einheitlichem Monitoringumfang und drei Anstiegsphasen (Anstieg im Steinkohlengebirge unterhalb des Niveaus des oberflächennahen Bergbaus, Anstieg im Steinkohlengebirge im Niveau des oberflächennahen Bergbaus, Anstieg im Deckgebirge) mit jeweils an die Einwirkungspotenziale der einzelnen Anstiegsstufen angepasstem Monitoringumfang unterschieden.

Veranlassung, Einleitung

Die Steinkohlegewinnung wird zur Zeit in Europa kontinuierlich zurückgefahren; für das Ruhrgebiet wird mit einer endgültigen Einstellung der subventionierten Steinkohlegewinnung bis zum Jahre 2018 gerechnet. Die stillgelegten Bergwerke wurden bzw. werden geflutet; im Zusammenhang mit der Flutung der stillgelegten Bergwerke muss mit großflächigen Auswirkungen auf die Schutzgüter (Boden, Wasser, Luft) gerechnet werden.

Anhand der bisherigen Erfahrungen zu den Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs in Stilllegungsbereichen des nordrhein-westfälischen und europäischen Raums können zusammenfassend folgende Einwirkungspotenziale identifiziert werden:

Im Rahmen der Flutung des Grubengebäudes:

- Einwirkungen auf die Wasserqualität im Karbon
- Bodenhebungen, insbesondere diskontinuierliche Bodenhebungen
- Zustrom von Grubengas an der Tagesoberfläche
diffus oder konzentriert über Auflockerungszonen und/oder an Schächten
- Erhöhung der Tagesbruchgefahr durch Einstau ungesicherter Schächte
- Setzungs-, Senkungs-, Tagesbruchgefahr durch Einstau von oberflächen- und tagesnahen Abbaubereichen

Im Zuge des Einstaus des Deckgebirges:

- Einwirkungen auf die Grundwasserqualität im Deckgebirge
- Anstieg der Wasserstände im Deckgebirge
 - Ausbildung von Vernässungszonen

- Flutung von Altlasten
- verstärkte Bodenhebungen

Im Zuge des Anstiegs bis in das Vorflutniveau:

- verstärkter Abfluss in den Vorflutern
- Einwirkungen auf die Gewässergüte der Vorfluter
- schwallartige Wasseraustritte an alten Entwässerungsstollen

Im Rahmen von dauerhaften (auf ewig) Wasserhaltungsmaßnahmen sind auch die qualitativen und quantitativen Einwirkungen auf die Vorfluter zu betrachten.

Darüber hinaus ist grundsätzlich in Regionen mit altem oberflächen- und tagesnahen Bergbau von einer latenten Gefährdung der Tagesoberfläche, unabhängig vom Grubenwasseranstieg, auszugehen.

Zur Beherrschung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs ist ein komplexes kontrolliertes Gruben- und Grundwassermanagement erforderlich. Die Schutzziele müssen basierend auf einer gesamtheitlichen Betrachtung aller Einwirkungspotenziale und den Möglichkeiten zur Erfassung und Sicherung von Risikobereichen festgelegt werden.

Angesichts der mittelfristig geplanten Stilllegung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrrevier hat die obere Bergbehörde des Landes Nordrhein-Westfalen (Bezirksregierung Arnsberg, Abt. 8 Bergbau und Energie in NRW) mit Schreiben vom 16.11.2006 das Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH, Aachen (im Folgenden als IHS bezeichnet), beauftragt, die nach dem derzeitigen Kenntnisstand möglichen Auswirkungen eines

Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier auf die Schutzgüter und in einem ersten Arbeitsschritt einen generellen Musterkatalog für Monitoring-Maßnahmen zusammenzustellen.

Zwischenergebnisse der Bearbeitung wurden jeweils mit den zuständigen Mitarbeitern der Bezirksregierung Arnsberg abgestimmt; weiterhin fanden in dem Bearbeitungszeitraum zwei Besprechungen mit der DSK, Servicebereich Standort- und Geodienste (Herr Dr. Fischer, Herr Dr. Hegemann, Herr Uhl), sowie der DMT, Abteilung Oberflächenausgasung (Herr Dr. Benner, Herr Dr. Meiners), statt.

Der vorliegende Bericht ist inhaltlich in vier Teile - Teil A bis Teil D - gegliedert.

Teil A - „Überblick über die möglichen Auswirkungen eines Grubenwasseranstiegs und Schutzmaßnahmen“ umfasst eine Zusammenstellung von Erfahrungen im Zusammenhang mit Bergwerksstilllegungen und dem Grubenwasseranstieg in anderen deutschen und europäischen Bergbaurevieren sowie Angaben zum behördlichen Handeln und Monitoring-Maßnahmen.

Teil B - „Bergbaulich-geologisch-hydrogeologisches Modell des Ruhrreviers“ beschreibt die fachtechnischen Grundlagen zur Bewertung der möglichen Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier sowie die betroffenen Schutzgüter.

Auf dieser Grundlage werden in **Teil C** - „Grundlagen eines Monitoring-Systems für das Ruhrrevier“ die Bewertungsgrundlagen für das im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen erarbeitete Monitoring-Programm zusammengefasst, die für eine Abschätzung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs verfügbaren Prognosemodelle aufgezeigt und der weitere Forschungsbedarf skizziert.

Teil D - „Musterkatalog für Monitoring-Maßnahmen im Rahmen der stufenweisen Einstellung der Wasserhaltung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrrevier“ beschreibt schließlich den Vorschlag für ein modulares Monitoring-System zur Überwachung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs in den unterschiedlichen bergbaulich-geologisch-hydrogeologischen Zonen und den verschiedenen Phasen des Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier.

Teil A - Überblick über die möglichen Auswirkungen eines Grubenwasseranstiegs und Schutzmaßnahmen

1 Erfahrungen aus deutschen Steinkohlenrevieren

1.1 Inde-Revier

Das Inde-Revier umfasst die Steinkohlevorkommen der Inde-Mulde südöstlich von Aachen. Die Hauptabbaubereiche des Steinkohlenbergbaus erstrecken sich hier über eine Gesamtfläche von rd. 30 km² im Bereich der Städte Stolberg und Eschweiler.

Im Inde-Revier erfolgte der Wiederanstieg des Grubenwassers im Bereich des alten oberflächennahen Bergbaus westlich der tektonischen Störung Sandgewand gegen Ende des 19. Jahrhunderts. Der Anstieg erfolgte dabei unkontrolliert, ohne dass technische Einrichtungen zur Regulierung des Grubenwasseranstiegs vorgehalten wurden.

In dem durch eine mächtige Deckgebirgsüberlagerung gekennzeichneten tiefen Bergbaubereich östlich der tektonischen Störung Sandgewand musste der bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs betriebene Bergbau 1944 aufgegeben werden, nachdem die Wasserhaltung infolge Kriegseinwirkung ausfiel und die Grube ersoff. Auch hier erfolgte der Anstieg des Grubenwassers unkontrolliert, ohne jegliche Eingriffsmöglichkeit.

Angaben über Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Geländeoberfläche liegen bei der EBV GmbH, die im Inde-Revier für die Regulierung von Bergschäden aus dem von ihr betriebenen Bergbau zuständig ist, nicht vor. Es kann daher ange-

nommen werden, dass im Zusammenhang mit dem unkontrollierten Grubenwasseranstieg im Inde-Revier, insbesondere auch in den mit dem Wurmrevier vergleichbaren Bereichen des Altbergbaus, keine bedeutsamen Personen- und Sachschäden aufgetreten sind. Auch sind keine nachteiligen Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft bekannt. Im Bereich des tagesnahen Altbergbaus läuft das ehemalige „Grubenwasser“ noch heute über tiefliegende ehemalige Entwässerungstollen der Vorflut zu.

Heute sind im Inde-Revier im Wesentlichen die von den Hinterlassenschaften des tagesnahen Altbergbaus bzw. Uraltbergbaus ausgehenden Einwirkungen auf die Tagesoberfläche Gegenstand von Untersuchungen und Sicherungsmaßnahmen (IHS, 20.11.2003); eine wichtige Rolle spielt dabei die Erfassung und Abgrenzung altbergbaulich betroffener Gebiete. Weiterhin werden Untersuchungs- und Sicherungsarbeiten bei Auftreten von Tagesbrüchen bzw. im Rahmen von Baumaßnahmen durchgeführt. Auch in diesem Zusammenhang sind aber bisher in den z.T. dicht besiedelten Altbergbaubereichen keine erheblichen Schäden an Bebauung oder Personen aufgetreten.

1.2 Aachener Revier

Das Aachener Revier umfasst eine Fläche von rd. 250 km² im Übergangsbereich zwischen der Nordeifel und der Niederrheinischen Bucht nördlich von Aachen. Das Revier ist historisch gewachsen aus dem Bereich des Wurm-Tals heraus, wo das Flözführende Oberkarbon zutage tritt. Der nördliche Abschnitt des in den Karbonschichten eingeschnittenen Wurm-Tals bildet zugleich die Wiege des niederländischen Steinkohlenbergbaus (Südlimburger Revier). Zahlreiche untertägige Verbindungen

bewirken noch heute eine enge hydraulische Verbindung der beiden Steinkohlenreviere.

Das Aachener Revier ist zu untergliedern in den eigentlichen Altbergbaubereich westlich der tektonischen Störung Feldbiss und den reinen Tiefbergbaubereich östlich der tektonischen Störung Feldbiss. Die beiden Bereiche sind nach den bisherigen Erkenntnissen hydraulisch nicht miteinander verbunden. Der Altbergbaubereich westlich des Feldbiss wurde bereits 1969 stillgelegt. Das Standwasserniveau musste aber zum Schutz der östlich des Feldbiss gelegenen Betriebsbereiche auf dem Niveau einer vermuteten Annäherungsstelle kurz gehalten werden.

Im Jahre 1992 wurde der Steinkohlenbergbau im Aachener Revier vollständig eingestellt, so dass die Wasserhaltungen nach Abschluss der Raubphase 1993/1994 stillgelegt werden konnten. Damit erfolgte im gesamten Aachener und auch im Südlimburger Revier ein großflächiger Grubenwasseranstieg.

Für die Abwicklung des Grubenwasseranstiegs wurde die Konzeption eines kontrollierten, stufenweisen Grubenwasseranstiegs entwickelt (HEITFELD ET AL., 2003). In diesem Zusammenhang wurden im Wesentlichen folgende Maßnahmen vorgesehen:

- Vorhaltung einer Pumpenanlage (Von-Goerschen-Schacht) zur Steuerung des Grubenwasseranstiegs im Altbergbaubereich westlich des Feldbiss
- Anhebung des Standwasserniveaus im Altbergbaubereich westlich des Feldbiss in Stufen von im Mittel 20 m
- Zwischenschaltung von Pumpversuchsphasen zur Überprüfung der hydraulischen Verhältnisse innerhalb des Altbergbaubereichs westlich des Feldbiss nach Abschluss jeder Anstiegsstufe sowie zur Abschätzung der Wasserzulaufmengen

- Überwachung des Grubenwasseranstiegs durch ein Messprogramm mit Grubenwasserstandsmessungen und hydrochemischen Untersuchungen (Probennahme, Tiefenlogs) in gesicherten tiefen Schächten im gesamten Revier
- Grundwasserstandsmessungen und hydrochemische Untersuchungen in repräsentativen Deckgebirgspegeln
- geodätische Messungen zur Erfassung von Bodenbewegungen
- Bewertung und gegebenenfalls vorausseilende Sicherung der in die jeweils nachfolgende Anstiegsstufe reichenden Schächte

In Abstimmung mit der Bergbehörde wurden im Rahmen des Abschlussbetriebsplans für die bisherigen Phasen des Grubenwasseranstiegs zusammenfassend folgende Überwachungsmaßnahmen festgelegt (u.a. BERGAMT DÜREN, 28.06.1999):

- Überwachung der Standwasserniveaus und der Entwicklung des Grubenwasserchemismus in insgesamt 6 Schächten in monatlichen bis 3-monatlichen Intervallen
- Überwachung der Grundwasserverhältnisse (Wasserstandshöhen, Hydrochemie) im basalen Deckgebirgsaquifer in derzeit 9 Tiefpegeln in monatlichen bis 3-monatlichen Intervallen
- im Rahmen von Pumpversuchsphasen Überwachung der Qualität und der Mengen der Grubenwassereinleitung in die Wurm
- Beteiligung am Leitnivellement und Auswertung der Vermessungsergebnisse
- Durchführung von Sicherungsmaßnahmen an alten Schächten

Die Überwachungsmaßnahmen wurden mit den zuständigen Wasserbehörden abgestimmt. Die Ergebnisse der Monitoring-Maßnahmen werden in Jahresberichten dokumentiert und bewertet.

Auf der Grundlage der laufenden Auswertung der Untersuchungsergebnisse wurden bzw. werden die Modellvorstellungen über die hydraulischen Verbindungen der einzelnen Grubenfelder und die Entwicklung des Grubenwasserchemismus überprüft. Darauf aufbauend wurden bzw. werden die Prognosen für die weitere Entwicklung des Grubenwasseranstiegs und des Grubenwasserchemismus im Bedarfsfall kalibriert. Diese Prognosen dienen zum einen als Grundlage für die Bewertung der Auswirkungen des weiteren Grubenwasseranstiegs sowie der Festlegung von gegebenenfalls erforderlichen Sicherungsmaßnahmen; zum anderen erlauben sie eine Abschätzung von Menge und Qualität der bei Erreichen des Vorflutniveaus an der Geländeoberfläche zu erwartenden Wasseraustritte.

Im Zusammenhang mit dem Anstieg des Grubenwassers bis in das Vorflutniveau ist die Aufwältigung von alten Entwässerungsstollen im Wurm-Tal vorgesehen. Damit wird insgesamt eine gefahrlose Entwässerung des Gebirges im Niveau der Stollensohle sicher gestellt und das vom tagesnahen Bergbau sowie den flachen Schächten des Altbergbaus ausgehende Gefährdungspotenzial weitgehend minimiert. Darüber hinaus wird ein Aufstau in den Stollen vor Verbrüchen im Bereich des Stollenmundlochs verhindert. Die Auswahl geeigneter Entwässerungsstollen erfolgt anhand bergbaulicher und hydrogeologischer Gesichtspunkte. Bisher wurden drei alte Entwässerungsstollen im Wurm-Tal entsprechend vorbereitet.

Im November 2000 wurde die Konzeption des stufenweisen kontrollierten Grubenwasseranstiegs bis zum Vorflutniveau im Aachener Revier auf der Grundlage eines Ergänzungsantrages der EBV Aktiengesellschaft vom Bergamt Düren zugelassen. Damit wurden die genehmigungsrechtlichen Randbedingungen für eine dauerhafte

Einstellung der Wasserhaltung im Aachener und Südlimburger Steinkohlenrevier geschaffen.

Die Entwicklung der Grubenwasserqualitäten und -mengen lässt derzeit erwarten, dass mit dem Erreichen des Vorflutniveaus keine signifikanten Einwirkungen auf den Vorfluter zu erwarten sind. Durch eine gezielte Steuerung der Anstiegsphasen lassen sich die Tiefenwasserzutritte minimieren.

Das Deckgebirge wurde zwischenzeitlich im östlichen Teil des Reviers flächenhaft eingestaut. Mögliche Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Grundwasserstände und die hydrochemischen Verhältnisse im Deckgebirge werden durch zahlreiche Tiefpegel überwacht (ROSNER ET AL., 2006a). Die Festlegung der Pegelstandorte erfolgte auf der Grundlage einer umfassenden Bestandsaufnahme und Bewertung der hydrogeologischen Verhältnisse im Deckgebirge. Einwirkungen auf die Grundwasserverhältnisse im Deckgebirge konnten bisher nicht festgestellt werden.

Im Zuge des Grubenwasseranstiegs wurden im Aachener Revier flächenhaft Bodenhebungen festgestellt; bis 2005 summierten sich die Hebungsbeträge auf bis zu rd. 0,1 m (IHS, 29.05.2006). Schadensrelevante Hebungsdifferenzen wurden bisher nicht festgestellt.

Zuströmungen von Grubengas an der Tagesoberfläche wurden im Aachener Revier bisher nicht beobachtet. Im Zeitraum zwischen 2002 und 2004 wurde durch die Fa. A-TEC Anlagentechnik GmbH, Duisburg, am Standort Eduard-Schacht in Alsdorf Grubengas gewonnen und vor Ort verstromt. Nach Überstau der Haupt-Methan-zuführenden Sohle musste die Gewinnung Ende 2004 eingestellt werden.

Im Zusammenhang mit der Nutzung der warmen Grubenwässer über die vorhandenen Schächte wurden zwischenzeitlich für das Aachener Revier mehrere Erlaubnisfelder zur Aufsuchung von Erdwärme an die EBV GmbH verliehen. Verschiedene Projekte zur Nutzung der Erdwärme sind in der Planung; eine entsprechende Machbarkeitsstudie wurde bereits vorgelegt (u.a. HEITFELD ET AL., 2006). Weitergehende grundlegende Untersuchungen werden derzeit im Rahmen des EU Minewater Projektes (Interreg IIIB-Programm) mit Fördermitteln der EU durchgeführt. Im Rahmen der Umsetzung von Erdwärmeprojekten in Bereichen des Grubenwasseranstiegs ist darauf zu achten, dass die Schutzziele des Grubenwasseranstiegs eingehalten werden. Im Hinblick auf eine wirtschaftliche Nutzung der Erdwärme aus stillgelegten Gruben des Steinkohlenbergbaus sollten möglichst frühzeitig schon bei der Stilllegung die Randbedingungen einer späteren Erdwärmennutzung z.B. durch Einbau entsprechender Rohrleitungen in die zu sichernden Schächte oder eine gezielte Steuerung des Grubenwasserzustroms zum Schacht berücksichtigt werden.

1.3 Erkelenzer Revier

Im Jahre 1997 wurde die Steinkohlenförderung im Erkelenzer Steinkohlenrevier seitens der Sophia-Jacoba GmbH endgültig eingestellt. Im Rahmen des geregelten Rückzuges aus dem Steinkohlenbergbau wurden die bis dahin noch betriebenen Schächte seitens der Sophia-Jacoba GmbH gesichert und übertägige Betriebsflächen für Nachfolgenutzungen vorbereitet. Im Hinblick auf eine geregelte Entgasung des Grubengebäudes wurden drei tiefe Bergbauschächte (III, IV, V) mit Entgasungsleitungen ausgerüstet; weiterhin wurden Peilrohre eingebaut.

Das Erkelenzer Revier ist gekennzeichnet durch seine Lage auf einer tektonischen Hochscholle innerhalb der Niederrheinischen Bucht. Die Deckgebirgsmächtigkeit beträgt zwischen rd. 150 und 350 m. Es wurde ausschließlich tiefer Bergbau betrieben.

In der Abschlussbetriebsplanzulassung des Bergamtes Moers (03.03.1997) wurde folgendes Überwachungsprogramm festgelegt:

Zur Überwachung des Anstiegs der Grubenwässer sind in den Schächten 3, 4 und 5 je eine Beobachtungs- und Probenahmemöglichkeit einzurichten. In diesen Schächten können hierzu vorhandene Leitungen, die auf einzelnen Sohlen Verbindungen mit dem Grubengebäude haben, genutzt werden.

Folgende Beobachtungs- und Probenahmeintervalle sind nach der Einstellung der Wasserhaltung einzuhalten:

- *im 1. Jahr: monatlich (nur freier Wasserspiegel)*
- *im 2. Jahr: alle 3 Monate*
- *im 3. bis einschl. 6. Jahr: alle 6 Monate*

Folgende Parameter sind dabei durch ein hierfür qualifiziertes Labor und nach einem geeigneten Verfahren untersuchen bzw. ermitteln zu lassen:

- *freier Wasserspiegel*
- *pH-Wert*
- *Leitfähigkeit*
- *Chlorid-Gehalt*
- *Sulfat-Gehalt*
- *Eisengesamtgehalt.*

Die Probenahme hat unter Zuhilfenahme eines Gefäßes 20 m unterhalb des freien Wasserspiegels zu erfolgen (wegen der Verunreinigungszone). Dieser Abstand kann verringert werden, wenn der Wasserspiegel die erforderliche Höhe noch nicht erreicht hat.

Die Ergebnisse sind dem Bergamt unter Angabe des o.a. Aktenzeichens unverzüglich zu übersenden.

Nach Ablauf der o.a. Beobachtungs- und Beprobungsphase entscheidet das Bergamt unter Berücksichtigung der Ausgasungsverhältnisse darüber, wie die offen gehaltenen Rohrleitungen weiter betrieben werden oder zu sichern sind.

Darüber hinaus erfolgt seitens der Sophia-Jacoba GmbH eine Teilnahme an den Leitnivelement-Messungen zur Erfassung möglicher Geländehebungen als Folge des Grubenwasseranstiegs. Eine Erfassung und Überwachung der Grundwasserverhältnisse im Deckgebirge wurde nicht durchgeführt.

Seit dem Jahre 2000 werden im Raum Wassenberg - Ratheim - Hückelhoven verstärkt Bergschäden entlang einer etwa parallel zum Verlauf der Haupttrandstörung des Reviers - dem Meinweg-Sprung bzw. dem Rur-Rand - in NW-SE-Richtung verlaufenden Linie gemeldet (HEITFELD ET AL., 2004). Die ersten Schadensmeldungen im Erkelenzer Revier stammten aus dem Bereich Wassenberg; hier weist das Deckgebirge für den Bereich des Wassenberger Horstes die größte Mächtigkeit auf. Im weiteren Verlauf wurden zunehmend Bergschäden auch südlich bzw. südöstlich Wassenberg gemeldet. Bemerkenswert ist, dass diese gemeldeten Bergschäden teilweise auch außerhalb der ehemaligen Einwirkungsbereiche des Abbaus liegen.

Das erste Auftreten der Schäden steht im zeitlichen Zusammenhang mit dem Einstau des Deckgebirges. Bis 2005 wurden im Bereich des Erkelenzer Reviers weitflächig

Bodenhebungen von über 0,06 m festgestellt; die maximalen Hebungsbeträge zeigten sich im Bereich Wassenberg mit rd. 0,16 bis 0,20 m (IHS, 11.01.2007).

Zusätzlich zur flächenhaften Erfassung der Geländebewegungen wurden nach den ersten Schadensmeldungen im Erkelenzer Revier Detail-Messprofile senkrecht zur Schadenslinie angelegt und seitens der RAG Immobilien AG in engen Zeitabständen (< 0,5 Jahre) gemessen. Der Punktabstand auf diesen Detail-Messprofilen beträgt teilweise ≤ 10 m. An diesen Messprofilen haben sich im Zeitraum 2001 bis 2005 Hebungsdifferenzen bis zu rd. 0,09 m bei einer Messpunktentfernung von 5 m ausgebildet (IHS, 11.01.2007). Da der Grubenwasseranstieg noch nicht abgeschlossen ist, muss mit weiteren Geländehebungen und Hebungsdifferenzen gerechnet werden.

Eine erste Auswertung langjähriger Grundwasserstandsmessreihen von Pegeln aus dem untersten grundgebirgsnahen Deckgebirgsstockwerk des Wassenberger Horstes zeigt, dass die Grundwasserstände hier infolge der Wasserhaltung in den Baufeldern des Bergwerks Sophia-Jacoba bis 1999 teilweise um bis zu rd. 50 m abgesunken waren; diese Grundwasserabsenkung steht im Zusammenhang mit der Wasserhaltung im Karbon (IHS, 11.01.2007). Mit dem Wiederanstieg des Grubenwassers in das Deckgebirgsniveau im Zeitraum 1999/2000 setzte auch in den tieferen Grundwasserstockwerken des Deckgebirges örtlich ein Wiederanstieg der Grundwasserstände ein.

Die tatsächlichen Ursachen für die Entstehung der schadensrelevanten Hebungsdifferenzen entlang einer definierten „Schadenslinie“ im Erkelenzer Reviers sind bisher nicht wissenschaftlich fundiert geklärt. Dabei ist vor allem zu berücksichtigen, dass die „Schadenslinie“ sowohl im Bereich ehemaliger bergbaulich bedingter Bruchlinien an der Geländeoberfläche als auch außerhalb des Einwirkungsbereiches des untertä-

gigen Abbaus verläuft. Es erscheint daher sicher, dass neben den bergbaulichen Ursachen vor allem die hydrogeologischen Verhältnisse im Deckgebirge eine Schlüsselrolle bei der Erklärung des Phänomens einnehmen. Dies ist vor allem im Hinblick auf die Prognose vergleichbarer Schadensbereiche im Ruhrrevier von Bedeutung.

Der Wiederanstieg des Grundwassers im Deckgebirge bedeutet aus wasserwirtschaftlicher Sicht eine deutliche Erhöhung des Grundwasserdargebotes in den z.T. auch wasserwirtschaftlich genutzten Aquiferen. Da diese Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs voraussichtlich im wesentlichen auf die tiefen Deckgebirgsstockwerke begrenzt bleiben, sind in Oberflächennähe - im Vorflutniveau - aus wasserwirtschaftlicher Sicht im Erkelenzer Revier keine signifikanten Veränderungen zu erwarten.

Im Zusammenhang mit der Nutzung der warmen Grubenwässer über die vorhandenen Schächte wurden zwischenzeitlich auch für das Erkelenzer Revier mehrere Erlaubnisfelder zur Aufsuchung von Erdwärme an die RAG Immobilien AG verliehen.

1.4 Ibbenbüren

Im Bereich der Ibbenbürener Karbonscholle wurde 1979 die Wasserhaltung in dem rd. 30 km² großen „Westfeld“ eingestellt. Nach Einstellung der Wasserhaltung 1979 stieg das Grubenwasser bis auf das Niveau des Dickenberger Stollen an. Die tagesnahen Abbaubereiche oberhalb der Stollensohle wurden so überwiegend nicht eingestaut. Seit Dezember 1982 treten die Grubenwässer des Westfeldes durch das Dickenberger Stollenmundloch zu Tage. Von dort aus gelangen sie über eine Kläranlage Gravenhorst in die Ibbenbürener Aa. Daneben wurde lokal eine Aktivierung alter Quellaustritte beobachtet; z.T. trat dabei verstärkt auch Luft (kein Methan-Gas !) aus.

Die über den Dickenberger Stollen ablaufenden Restgrubenwässer zeichnen sich durch hohe Sulfat- und vor allem durch hohe Eisengehalte aus. Die Deckgebirgsüberlagerung ist im Bereich der Karbonscholle allgemein gering bzw. lückenhaft. Durch die erhöhte Sauerstoffzufuhr und Versickerung der Niederschläge erfolgt eine verstärkte natürliche Produktion der sulfatischen Wässer in den nicht gefluteten tagesnahen Abbaubereichen. 1978 lag der Jahresmittelwert der Eisenkonzentration bei ca. 100 mg/l und die Sulfatkonzentration bei ca. 1.400 mg/l (STUA MÜNSTER, 06.2005). Diese Werte stiegen nach dem Überlauf im Niveau des Dickenberger Stollens massiv bis auf einen Eisengehalt um 1.000 mg/l und einen Sulfatgehalt um 4.400 mg/l. Danach war ein deutlich abnehmender Trend der Eisen- und Sulfatkonzentration zu erkennen; gemäß STUA MÜNSTER (06.2005) weisen die eisenhaltigen Sulfatwässer vor der Reinigung in der Kläranlage einen Eisengehalt um 250 mg/l auf.

Bezüglich der Chloridkonzentration hat sich eine gegenteilige Entwicklung vollzogen. Während 1978 der Chloridgehalt noch bei rd. 1.400 mg/l lag, lag er 1983 bereits nur noch bei knapp 100 mg/l. Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs wurde im Wilhelmschacht die Ausbildung einer Süßwasserkappe beobachtet, deren Mächtigkeit aber nur wenige Meter betrug (GOERKE-MALLET, 2000).

Zur Überwachung der Auswirkungen auf das Grundwasser wurden durch das Bergwerk zeitweise bis zu 1.000 Grundwassermessstellen überwacht. Eine bergbauliche Beeinflussung im Vorland des Westfeldes konnte dabei nur lokal festgestellt werden.

Signifikante Schäden an der Tagesoberfläche infolge Tagesbrüchen wurden im Rahmen des Grubenwasseranstiegs nicht festgestellt. Die Schächte, deren Sümpfe unterhalb des Stollenniveaus liegen, sind ausnahmslos bekannt und werden regelmäßig

kontrolliert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Gebiet insgesamt nur dünn besiedelt ist. Bodenhebungen wurden im Bereich des Westfeldes flächenhaft in einer Größenordnung von rd. 0,10 m festgestellt (GOERKE-MALLET, 2000). Die Hebungsbeträge waren dabei weitgehend gleichmäßig verteilt, ohne eine erkennbare Abhängigkeit von den bergbaulichen Senkungen.

Im Hinblick auf die zukünftige Stilllegung des heute noch in Betrieb befindlichen Bereich des Ostfeldes werden die erforderlichen Maßnahmen auch hinsichtlich der Überwachung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs von GOERKE-MALLET (2000) in folgender Aufgaben-Matrix skizziert:

	Planungsphase	Durchführungsphase	Überwachungsphase
Allgemeines	Abschlussbetriebsplan Kosten, Investitionen Zeitablauf, Termine Monitoring	Abschlussbetriebsplan, Nebenbestimmungen Folgenutzungskonzepte Monitoringprogramme	Einfluss auf die Biosphäre Monitoring Zeitplan Kosten, Investitionen Soll-Ist-Vergleiche
Tagesoberfläche	Folgenutzung bergbaulicher Flächen Einfluss auf die Biosphäre Hydraulik Grubenwasser-Handling Standsicherheit von Füllsäulen Bodenbewegungen (Hebungen) Einzugsbereich, Niederschläge Versickerungsrate, Interception Transpiration	Revitalisierung der Bergbau-Flächen Höhenbeobachtungen Regulierung von Bergschäden Annahme und Behandlung des Grubenwassers (z.B. Enteisung) Ableitung an die Vorflut	Monitoring: - Grundwasser - Quellen, Gewässer - Vorflut - Grubenwasser - Übertrittsstellen - Hydrochemie - Menge Schachtkontrolle Höhenbeobachtungen Optimierung der Berechnungsansätze
Grubenbetrieb	Lagerstätte, Tektonik Wetterführung Verkleinerung Grubengebäude Flutungsmodell: - Flutungsvolumen - Wasserzuflüsse - Flutungszeitraum - Hydrochemie - Hydraulik - Übertrittsstellen	Rückzug aus dem Grubengebäude Einstellung der Wasserhaltung Setzen von Abschlussdämmen Schachtverfüllung Flutungsprozess	Zonen oberflächennahen Bergbaus Grubenwasseranstieg Grubengas Hydrochemie Optimierung des Modells für den Flutungsprozess

2 Erfahrungen aus europäischen Stilllegungsbereichen

2.1 Niederlande - Südlimburger Steinkohlenrevier

Das Südlimburger Steinkohlenrevier schließt sich im Raum Kerkrade (NL) / Herzogenrath (D) in nordwestlicher Richtung an das Aachener Revier an. Es erstreckt sich zwischen Wurm-Tal im Osten und der Maas im Westen über eine Gesamtfläche von rd. 230 km².

Im Zeitraum zwischen 1967 und 1974 wurden die Steinkohlengruben des Südlimburger Reviers sukzessive stillgelegt. Mit der Einstellung der Wasserhaltung stieg auch das Grubenwasser seit Ende der 1960er Jahre sukzessive wieder an. Im Zuge des Grubenwasseranstiegs entwickelten sich in Abhängigkeit von der Lage von Übertrittsstellen zwischen den ehemaligen Gruben innerhalb des Reviers mehrere zunächst hydraulisch eigenständige Becken. Zum Schutz der östlich des Feldbiss auf deutscher Seite gelegenen Steinkohlengruben der damaligen EBV Aktiengesellschaft musste die Wasserhaltung auch auf niederländischer Seite im Niveau einer Annäherungsstelle im Jahre 1973 bzw. 1974 wieder aufgenommen werden. Erst mit der Schließung der letzten Grube des Aachener Reviers im Jahre 1992 konnte auch hier die Wasserhaltung 1994 vollständig eingestellt werden. Der zuletzt betriebene Wasserhaltungsschacht wurde so ausgerüstet, dass jederzeit eine Pumpe zur Wiederaufnahme der Wasserhaltung eingehängt werden kann.

Bereits vor Beginn der Schließungsmaßnahmen wurden in Südlimburg insbesondere die möglichen Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Grundwassergewinnung im Deckgebirge intensiv untersucht und diskutiert (PATIJN, R.J.H., 1966). Im Zuge der Stilllegungsmaßnahmen wurde 1974 durch die Provinz Limburg die „Stu-

diegroep hydrogeologische gevolgen van de mijnsluitingen“ installiert. Mitglieder der Arbeitsgruppe waren u.a. Vertreter der Bergwerksunternehmen, der Bergbehörde, des Geologischen Dienstes, der Wasserverbände sowie der Wasserbehörden. Die Aufgabe dieser Kommission bestand in der Erarbeitung eines Messprogramms zur Überwachung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs. Im Rahmen der Untersuchungen wurden im wesentlichen die wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs betrachtet und wasserwirtschaftliche Risikobereiche ausgewiesen. Folgende Punkte wurden festgehalten (s. STUDIEGROEP HYDROGEOLOGISCHE GEVOLGEN VAN DE MIJNSLUITINGEN, 1975):

- das Grubenwasser ist für eine weitere Nutzung als Trink- oder Brauchwasser ungeeignet;
- der Einstau wasserwirtschaftlich relevanter basaler Deckgebirgsaquifere durch das Grubenwasser kann zu einer Beeinträchtigung der basalen Grundwasservorkommen führen; eine Fortsetzung oder Ausdehnung der Trinkwassergewinnung wäre dann in diesen Bereich nicht möglich;
- zur Überwachung der möglichen Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs ist ein entsprechendes Überwachungsnetz erforderlich.

Zur Überwachung des Grubenwasseranstiegs im Hinblick auf die Wasserwirtschaft wurden u.a. folgende Punkte empfohlen:

- Ausrüstung der Schächte mit Peilrohren im Zuge der Sicherungsmaßnahmen
- Einrichtung von 4 Tiefpegeln im Niveau von wasserwirtschaftlich relevanten basalen Deckgebirgsaquiferen
- Einrichtung von 60 Pegeln zur Überwachung der oberflächennahen Grundwasserstände

Die Tiefpegel wurden nach den Empfehlungen der Kommission eingerichtet und mit Sonden zur kontinuierlichen Erfassung der elektrischen Leitfähigkeit ausgerüstet („Salzwächter“). Die Tiefpegel und auch die Schächte werden seither von der Provinz Limburg überwacht. Die Messdaten werden der niederländischen Bergbehörde zur Verfügung gestellt.

Die Bodenhebungen im Rahmen des Grubenwasseranstiegs wurden im Zusammenhang mit dem Leitnivellement erfasst. Dazu wurden insbesondere Ende der 1970'er Jahre mehrere umfassende Messkampagnen durchgeführt; die Folgemessungen erfolgten unregelmäßig mit wechselnder Messpunktdichte. Eine detaillierte Auswertung hinsichtlich der bergbaulichen Einwirkungen wurde allerdings nicht vorgenommen. Seitens der Bergbehörde wurde eine repräsentative Messlinie im zentralen Bereich des Reviers (Aalbeek-Hoensbroek-Schinveld) zur gezielten kontinuierlichen Überwachung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs eingerichtet. Bisher wurden im Rahmen des Grubenwasseranstiegs keine Bergschäden gemeldet bzw. anerkannt (WINGS ET AL., 2004).

Das Deckgebirge wurde im nordwestlichen Teil des Reviers bereits in den 1970'er Jahren weitflächig eingestaut. Signifikante Einwirkungen auf die Grundwasserverhältnisse in den basalen Deckgebirgsaquiferen wurden bisher nicht festgestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Druckniveau im Steinkohlengebirge im Allgemeinen noch um mehrere Zehner-Meter unterhalb des im Deckgebirge herrschenden Druckniveaus liegt.

Zur Abschätzung der zukünftigen potenziellen Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs sowie gegebenenfalls erforderlicher Untersuchungen, Monitoring- und Sicherungs-Maßnahmen wurde Anfang 2007 im Auftrag des Ministerie van Economische

Zaken der Niederlande eine Studie erarbeitet (IHS, 27.02.2007). Im Rahmen dieser Studie wurden für das Südlimburger Revier folgende zukünftige Problembereiche aufgezeigt:

- Beeinträchtigung der Wassergewinnung bzw. wasserwirtschaftlich bedeutsamer Grundwasservorkommen
- Bodenhebungen und deren Schadensrelevanz (an bergbaulichen oder hydrogeologischen Unstetigkeitszonen)
- Mögliche Folgen eines Wasseranstiegs im Deckgebirge auf bergbauliche Senkungsgebiete (Vernässung, Überflutung von Senkungsmulden)
- Ausgasungen an der Geländeoberfläche im Bereich von Schächten und Bruchzonen
- Standsicherheit von tages- und oberflächennahen Abbaubereichen
- Standsicherheit von Bergbauschächten

Zur Beherrschung der Risiken wurden weitergehende Detailuntersuchungen und Monitoring-Maßnahmen vorgeschlagen. Dabei wurde insbesondere darauf hingewiesen, dass für eine optimale Planung der erforderlichen Maßnahmen zunächst die Erarbeitung einer Gesamtkonzeption für die Abwicklung des Grubenwasseranstiegs unter Berücksichtigung und Bewertung der verschiedenen sicherheitlichen, wasserwirtschaftlichen und wirtschaftlichen Aspekte zu erarbeiten ist.

Im Zusammenhang mit der Nutzung der Erdwärme aus den Grubenwässern des Südlimburgers Reviers hat die Gemeinde Heerlen ein EU-Projekt initiiert - das „Minewater - Projekt“. Im Rahmen des Projektes sollen Wohnungen und Gewerberäume im Raum Heerlen über Tiefbohrungen mit der Erdwärme aus dem Grubenwasser versorgt werden. Im Rahmen des EU-Projektes sollen aber auch die Wechselwirkungen

zwischen den Erdwärmeprojekten auf deutscher und niederländischer Seite untersucht werden.

2.2 Frankreich

Frankreich ist, wie andere europäische Länder auch, in größerem Maße durch Stilllegungen von Bergwerken betroffen. Die vorliegenden Informationen aus DIDIER & LELOUP (2006) zum Vorgehen in Frankreich werden im Folgenden zusammengefasst.

In Frankreich fällt ein Bergwerk, sobald es stillgelegt wird, wieder unter den Status des konzessionswürdigen Staatseigentums. Falls der ehemalige Bergwerksbetreiber aufgehört hat zu existieren oder zahlungsunfähig ist, so ist der französische Staat verantwortlich für mögliche aus dem Bergbau resultierende Störungen. Aus dieser Rechtslage heraus wird durch den französischen Staat eine systematische Präventionspolitik durchgeführt, um potenziell schädliche Auswirkungen bereits vor ihrem Auftreten zu identifizieren und zukünftige Schäden zu vermeiden. Dabei wird davon ausgegangen, dass die erforderlichen Investitionen wirtschaftlich sinnvoll sind, da dadurch Opferzahlen und Schadensersatzforderungen langfristig drastisch reduziert werden können.

- der Abschlussbetriebsplan

Der Konzessionsinhaber muss die Behörden darüber informieren, welche Schritte im Rahmen der Stilllegung geplant sind, um Gefahren aus Senkungen oder Tagesbrüchen

zu vermeiden, eine effiziente Schließung der Bergwerkszugänge sicherzustellen und zu garantieren, dass die oberflächigen Anlagen nicht die öffentliche Sicherheit oder Gesundheit beziehungsweise die Charakteristik der natürlichen Umgebung gefährden.

Der Konzessionsinhaber muss bei den Behörden einen Antrag auf Bergwerksstilllegung stellen. Der Inhalt dieses Antrags ist gesetzlich festgeschrieben. Neben einer generellen Beschreibung des betroffenen Bereiches nach geologischen, hydrogeologischen sowie operativen Gesichtspunkten, muss er eine Liste aller Einwirkungen aufstellen, die das betroffene Bergwerk bereits auf die Umwelt hatte. Der Konzessionsinhaber muss außerdem die langfristigen Auswirkungen der Bergwerksstilllegung abschätzen. Schließlich muss er mögliche Gegenmaßnahmen definieren, die er für angemessen hält und welche ein verträgliches Risiko garantiert.

Der Antrag wird dann durch die verschiedenen beteiligten Behörden geprüft. Die Behörden können dem Antrag zustimmen oder weitere Auflagen fordern. Falls der Konzessionsinhaber dem nicht nachkommt, beauftragen die Behörden einen Dritten mit der Durchführung auf Kosten des Konzessionsinhabers.

- Präventionsplanung für bergbauliche Risiken

Parallel zum Abschlussbetriebsplan, den der Konzessionsinhaber aufstellt, ist es Aufgabe des Staates, das Restrisiko abzuschätzen, zu dokumentieren und in die Regionalplanung zu integrieren. Die Behörden initiieren dazu eine „Plans de Prévention des Risques Miniers“ (PPRM-Prozedur) mit zwei Hauptzielen:

- Identifikation der Bereiche mit der langfristig größten Sensitivität gegenüber Risiken oder schädlichen Einflüssen aus Bergbau

- Umsetzung von Präventions-, Schutz- und Sicherungsmaßnahmen

Die PPRM-Prozedur lässt sich in vier Schritte gliedern:

- Sammlung von Informationen
- Gefährdungsabschätzung
- Studie zur Empfindlichkeit der Oberflächennutzung
- Aufstellung von Zonen und Regularien sowohl für bestehende als auch geplante Infrastruktur. Die Einteilung von Zonen erfolgt auf der Grundlage einer kartographischen Überschneidung von Einwirkungszonen und Empfindlichkeit der vorhandenen Oberflächennutzung.

- Nationale Bearbeitungsprioritäten

In Frankreich wurden ca. 3.000 Bergbaukonzessionen vergeben. Der allergrößte Teil der Bergwerke wurde mittlerweile stillgelegt. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Durchführungsrate von PPRM-Prozeduren (etwa 15 pro Jahr) wird deutlich, dass sich dieser Prozess noch über Jahrzehnte erstrecken wird. Es werden daher nationale Bearbeitungsprioritäten aufgestellt. Hauptziele sind:

- die Aufstellung einer Reihenfolge zukünftiger PPRM-Prozeduren
- eine schnelle Identifikation kritischer Umstände, die sofortige Sicherheitsmaßnahmen erfordern

Dieser Prozess wurde im Januar 2005 begonnen und soll binnen drei Jahren abgeschlossen sein.

- Monitoring

Falls die geologischen oder bergbaulichen Umstände es aus technischen oder finanziellen Gründe nicht erlauben, vernünftige Maßnahmen zu identifizieren, die Risiken ausschließen, so ist es die Pflicht des Konzessionsinhabers ein Monitoring durchzuführen. Ein solches Monitoring muss auch während bestimmter Übergangsphasen durchgeführt werden (Verwaltungsarbeiten, Umsiedlung der Bevölkerung etc.). Vor der Stilllegung eines Bergwerkes muss der Konzessionsinhaber bei den Behörden ausreichend finanzielle Mittel hinterlegen, um das Monitoring über 10 Jahre fortzuführen. Im Falle von altbergbaulichen Hinterlassenschaften übernehmen die Behörden das Monitoring.

Eine große Rolle spielt dabei in Frankreich Monitoring durch Mikroseismik. So werden zum Beispiel im ehemaligen Lorraine-Eisenabbaugebiet ca. 15 Städte durch mikroseismische Netzwerke überwacht, um möglichst frühzeitig Bruchvorgänge in der tagesnahen Abbauzone erfassen zu können.

- Schadenskompensation

Der Bergwerksbetreiber ist ohne zeitliche Begrenzung haftbar für Schäden aus seiner Abbautätigkeit. Die wichtigste Neuerung in dem Gesetz von 1999 besteht darin, dass der französische Staat eine Garantie abgibt. Um zu vermeiden, dass Opfer ohne Entschädigung bleiben, falls der Konzessionsinhaber nicht mehr existiert oder insolvent ist, übernimmt der Staat die Entschädigungszahlungen.

In Frankreich befasst sich eine staatliche Forschungsorganisation mit den Risiken für die Tagesoberfläche, die aus ehemaligem Bergbau hervorgehen. Diese sogenannte „Groupement d’Intérêt Scientifique sur l’Impact et la Sécurité des Ouvrages Souterrains“, kurz GISOS, hat für den Zeitraum von 2007 bis 2013 ein umfassendes wissenschaftliches Forschungsprogramm aufgelegt (GISOS, 2006).

Das Forschungsprogramm mit einem Gesamtbudget von rd. 23 Mio. € umfasst unter anderem die Untersuchung der folgenden Punkte:

- Langzeitstabilität von bergmännischen Abbauhohlräumen, insbesondere nach ihrer Flutung und Konsequenzen an der Tagesoberfläche
- Auswirkungen verlassener Bergwerke auf das Grundwasser und Methan-Entgasung sowie auf Vorfluter und die Atmosphäre
- Auffindung, Erkundung von Hohlräumen und ihr Entwicklungsprozess
- Altbergbauliches Risikomanagement

Dieses Forschungsprogramm zeigt, dass man sich auch international der aus den umfassenden Stilllegungen von Bergwerken drohenden Konsequenzen bewusst ist und sich bemüht, rechtzeitig ein auf wissenschaftlichen Erkenntnissen basierendes staatliches Risikomanagement aufzubauen.

2.3 Großbritannien

Im Rahmen eines durch die EU geförderten Forschungsprogramms wurde in den letzten Jahren ein Leitfaden zur Unterstützung der strategischen Planung eines integrierten Wassermanagements in Altbergbauregionen erarbeitet (INWATCO, 2005). Dabei werden grundsätzlich durchzuführende Überlegungen aufgezeigt; Entschei-

Grundlagen, auf denen ein konkretes Risikomanagement aufgebaut werden könnte, werden ausdrücklich nicht angegeben. Solche grundsätzlichen Überlegungen betreffen

- a) die Bedeutung des Grubenwasserhaltungssystems
 - Lage des Bergwerkes und hydrologische Sensitivität
 - Wasserhaushalt des Einzugsgebietes
 - Oberflächengewässer/Grundwasser - Beziehungen
 - Oberflächennutzung und Schadenspotenziale
- b) Definition des Grubenwassersystems - Informationsquellen
 - die geologische Struktur des Gebietes
 - das lokale hydrologische Regime
 - bestehende hydrologische Datensätze
 - die Identifikation von Schlüsselparametern (Aufbau des Bergwerkes, historische Grubenwasseraufzeichnungen, lokale und regionale geologische Struktur, meteorologische Daten für das Grubenfeld, Qualität und Quantität austretenden Grubenwassers, Grubenwasserstände, Lage von Tagebauen, Lage weiterer Industrien (o.ä.) mit Potenzial zur Grundwasserkontamination)
 - hydrochemische Basisuntersuchungen
- c) Ziele eines Monitoring-Programms
 - Lokale tägliche/monatliche Niederschläge
 - wöchentliche Änderung des Grubenwasserstandes
 - Menge und Fließgeschwindigkeit austretenden Grubenwassers
 - Änderungen in hydrochemischen Schlüsselparametern
 - Grundwasserstände in umgebenden Grundwasserleitern
 - Änderungen der Oberflächennutzung

Insgesamt können die Ziele eines integrierten Grubenwasseranstiegsmanagements wie folgt charakterisiert werden:

- Minimierung des Risikos schädlicher hydrologischer oder ökologischer Einwirkungen
- Optimierung des Potenzials der Wasserressourcen aus Grubenwasserhaltungen
- Identifikation von Möglichkeiten zur Unterstützung von zukünftigen strategischen Einzugsgebietmanagementzielen.

BURRELL & WHITWORTH (1994) berichten über Erfahrungen aus Einstellungen von Grubenwasserhaltungen im Steinkohlenrevier von Yorkshire. Diese Quelle kann wie folgt zusammengefasst werden:

- in Großbritannien liegen umfangreiche Erfahrungen zur Behandlung von austretendem Grubenwasser vor
- Gasaustritte wurden zunächst vor allem an Schächten im Bereich von Uraltbergbau festgestellt
- darüber hinaus wird auf erhöhte Radonkonzentrationen insbesondere in der Nähe geologischer Störungen hingewiesen.

Über behördliche Anforderungen an Monitoring-Programme liegen aus Großbritannien keine weiteren Informationen vor.

2.4 Italien

Aus Italien liegen Informationen zur Einstellung der Grubenwasserhaltung im Südwesten von Sardinien vor (CIDU ET AL., 2001; CIDU, 2004; CIDU ET AL., 2005). In diesem Bergbaugebiet, dem Iglesias Distrikt, waren zwischen 1870 und 1995 rd. 40

Blei- und Zinkbergwerke aktiv. Die Grubenwasserhaltung wurde im Juli 1996 eingestellt.

Das Monitoring-Programm umfasste die Untersuchung von Wasserproben sowohl aus den Bergwerken oder Mundlochausflüssen, aus Abraumhalden sowie von Vergleichsproben aus Bereichen, die nicht vom Bergbau betroffen waren. Die Untersuchungen begannen noch während der Wasserhaltungsphase, gefolgt von einer intensiven Untersuchungsphase in den Jahren 1996 bis 1998 sowie einer anschließenden weniger intensiven Beprobungsphase. Das Monitoring-Programm umfasst neben den Massensonden hauptsächlich die Untersuchung der bergbauspezifischen Schwermetallkonzentrationen.

Im Rahmen des Monitoring-Programms auf Sardinien wurde ein Schichtungsprozess beobachtet, bei dem das hoch mineralisierte Grubenwasser bereits nach einigen Jahren durch oberflächennahes Grundwasser überlagert wurde. Allerdings bereitet die Wanderung von Metallen große Probleme, die eine Aufbereitung des Wassers noch über Jahrzehnte erforderlich machen wird.

Konkrete Informationen zu staatlichen Auflagen im Rahmen der Einstellung von Grubenwasserhaltungen in Italien liegen derzeit nicht vor.

Teil B - Bergbaulich-geologisch-hydrogeologisches Modell des Ruhrreviers

1 Beschreibung des Untersuchungsbereiches „Ruhrgebiet“

1.1 Allgemeines

Das Ruhrgebiet bildet mit einer Fläche von rd. 4.435 km² den größten Wirtschaftsraum in Europa. Von dieser Fläche sind 37,6 % Siedlungs- und Verkehrsfläche, 17,6 % Wald und 3,2 % Wasserfläche sowie 40,6 % Landwirtschaftsfläche (Quelle: Regionalverband Ruhr, http://www.rvr-online.de/der_rvr/kompakt.shtml, 2007, s. Abb. B1). Etwa 45 % der Gesamtfläche sind unmittelbar durch den Bergbau beeinflusst (vgl. Kap. 1.6). Die größte Ausdehnung des Ruhrgebiets beträgt von Osten nach Westen 116 km und von Norden nach Süden 67 km. Im Ruhrgebiet leben rund 5,3 Millionen Menschen.

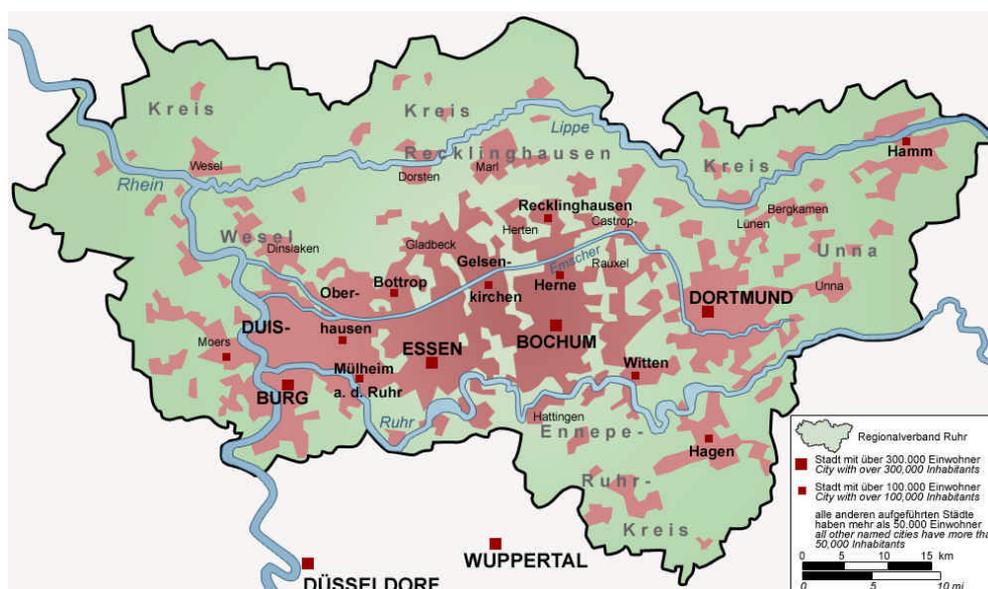


Abb. B1: Siedlungsstruktur des Ruhrgebietes (www.wikipedia.org/wiki/Ruhrgebiet)

Das Ruhrgebiet stellt einen wirtschaftsgeographischen Raum dar, der sich über mehrere Landschaftsräume und historisch-politische Einheiten erstreckt. Vor 150 Jahren verstand man unter „Ruhrgebiet“ nur das Land an der mittleren und unteren Ruhr. Heute rechnet man das gesamte Einzugsgebiet der Emscher, das Land beiderseits der unteren und mittleren Lippe sowie des Niederrheins dazu. Einen Überblick über die Städte im Verbreitungsgebiet des Steinkohlenbergbaus liefert Anl. B1a.

1.2 Verwaltungsstrukturen

Als statistische und räumliche Grundlage wird allgemein das Verbandsgebiet des „Regionalverbandes Ruhrgebiet“ (RVR) mit Sitz in Essen angesehen (s. Abb. B2).



Abb. B2: Verwaltungsgliederung im Ruhrgebiet (Regierungsbezirke, Kreise, kreisfreie Städte, Quelle: www.wikipedia.org/wiki/Ruhrgebiet)

Das Gebiet umfasst 53 selbständige Gemeinden. Im Regionalverband sind die elf kreisfreien Städte (Bochum, Bottrop, Dortmund, Duisburg, Essen, Gelsenkirchen, Hagen, Hamm, Herne, Mülheim an der Ruhr und Oberhausen) sowie vier Kreise (Ennepe-Ruhr, Recklinghausen, Unna und Wesel) mit den kreisangehörigen Gemeinden zusammengeschlossen. Zudem durchschneiden verschiedenste Verwaltungs- und Zuständigkeitsgrenzen die Region. Das östliche Ruhrgebiet gehört dem Landschaftsverband Westfalen-Lippe an und der westliche Teil dem Verband Rheinland.

Drei **Regierungsbezirke** mit außerhalb liegenden Zentren (Düsseldorf, Münster, Arnsberg) nehmen politische Lenkungenfunktionen für das Ruhrgebiet wahr. Die bergbaulichen Aktivitäten der Region werden seit Anfang 2007 zentral von der **Bezirksregierung Arnsberg** verwaltet. Die ehemaligen Bergamtsbezirke (Abb. B3) sind derzeit im Dezernat 88 der Abteilung 8 Bergbau und Energie in NRW zusammengefasst.



Abb. B3: Bergverwaltungsbereiche in NRW (ehemalige Bergamtsbezirke, Quelle www.bezirksregierungs-arnsberg.de)

Das ebenfalls sehr stark durch die bergbaulichen Gegebenheiten geprägte **Flussgebietsmanagement** im Ruhrrevier wird durch drei selbstverwaltete Körperschaften des öffentlichen Rechts wahrgenommen:

- den Lippeverband und die Emschergenossenschaft, die Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft (LINEG) sowie den Ruhrverband.

Die 1899/1926 gegründeten Verbände **Emschergenossenschaft und Lippeverband** kooperieren heute unter dem Dach einer einheitlichen Unternehmensstruktur. Ihre wichtigsten Aufgaben sind Abwasserreinigung, Sicherung des Abflusses, Hochwasserschutz und Gewässerunterhaltung. Dazu gehört auch die Entwässerung der aufgrund von Bergsenkungen entstandenen Poldergebiete. Die Verbände betreiben zahlreiche Kläranlagen, Pumpwerke, Abwasserkanäle und Regenbecken (Abb. B4, Abb. B5).

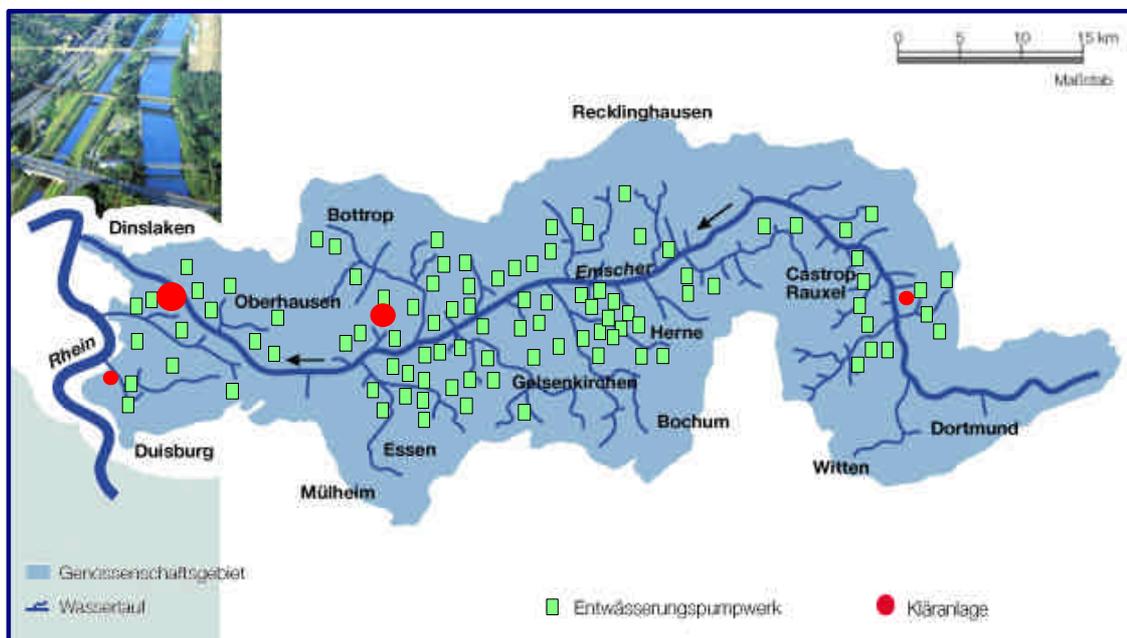


Abb. B4: Verbandsgebiet Emschergenossenschaft mit Klär- und Pumpwerken (Quelle: Emschergenossenschaft und Lippeverband - www.eglv.de, 2007)

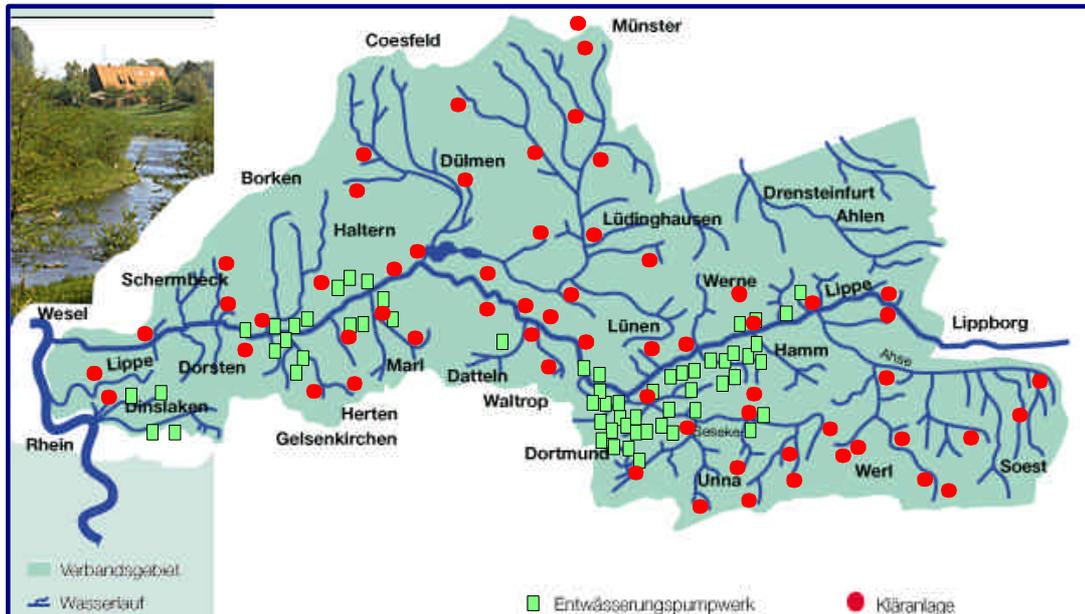


Abb. B5: Verbandsgebiet Lippeverband mit Klär- und Pumpwerken (Quelle: Emschergenossenschaft und Lippeverband - www.eglv.de, 2007)

Für die Bewältigung der Folgen der bergbaulichen Senkungen im linksniederrheinischen Industriegebiet wurde 1913 die **LINEG** gegründet (s. Abb. B6).

Der **Ruhrverband** - wie er sich heute darstellt - ist ein Zusammenschluss des früheren Ruhrverbands und des früheren Ruhrtalsperrenvereins (Abb. B7). Schwerpunktaufgabe neben dem Bau und Betrieb von Kläranlagen ist vor allem die Trink- und Brauchwassergewinnung als Hauptnutzungsart der Ruhr und ihrer Nebengewässer. Durch den Bau und Betrieb von Talsperren schafft der Ruhrverband die Voraussetzung dafür, dass die Ruhr das ganze Jahr über ausreichend Wasser für die Trinkwassergewinnung aus der Ruhr führt.

Abb. B6: Verbandsgebiet LINEG
(Quelle: LINEG - www.lineg.de, 2007)

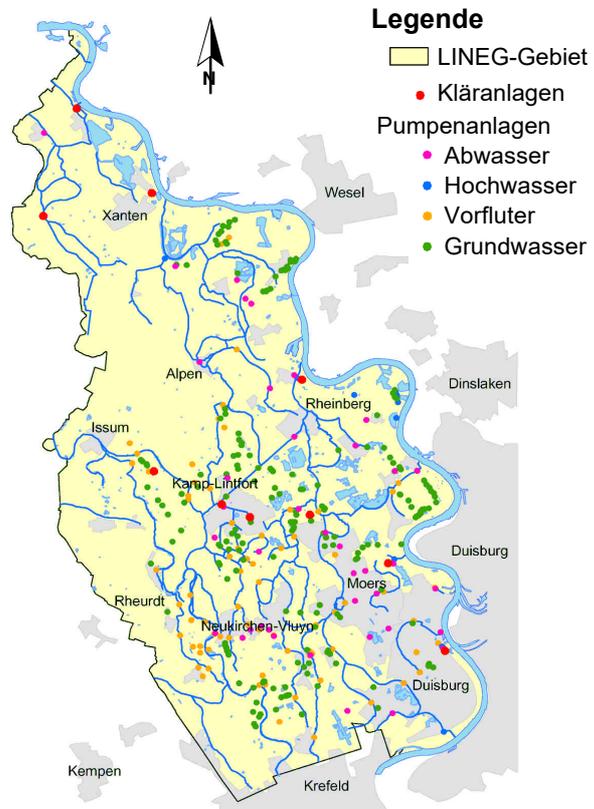
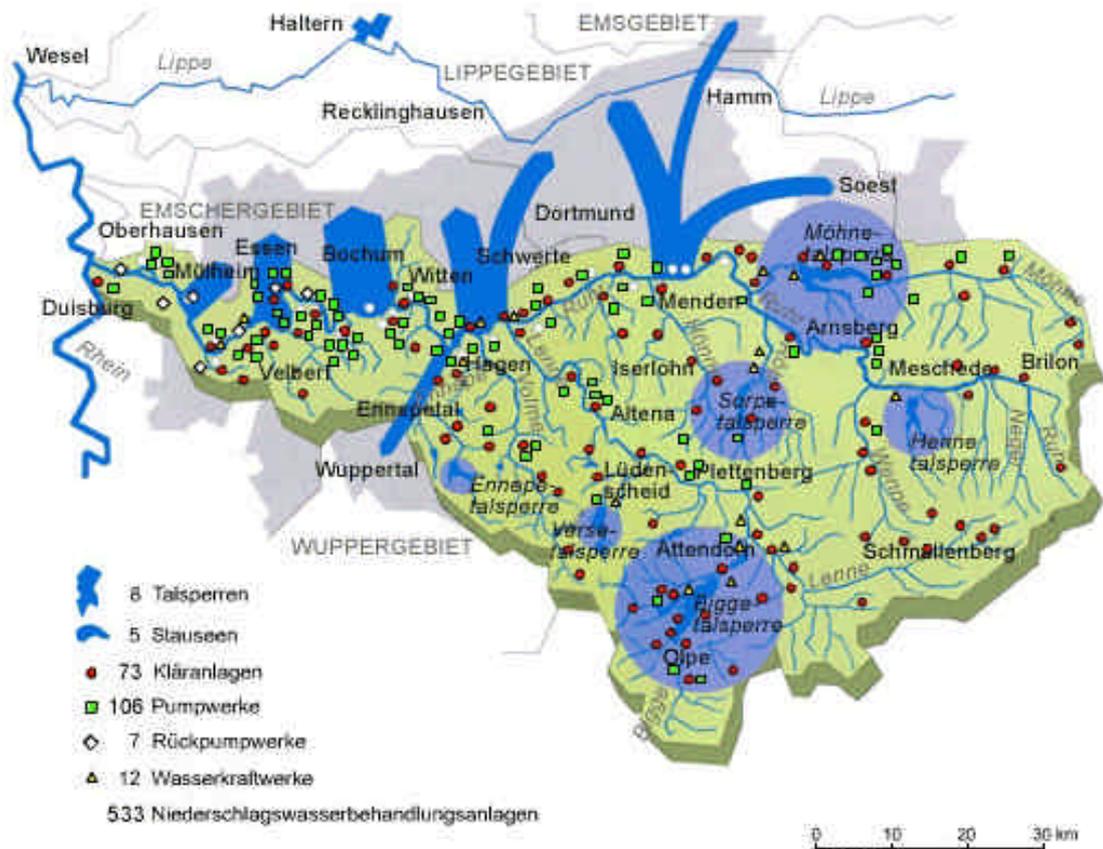


Abb. B7: Verbandsgebiet
Ruhrverband (Quelle: Ruhrverband
- www.ruhrverband.de, 2007)



1.3 Naturräumliche Gliederung

Das Ruhrgebiet liegt im Schnittpunkt dreier großer Naturräume: der Westfälischen Bucht im Norden, dem Rheinischen Schiefergebirge im Süden und der Niederrheinischen Bucht im Westen (Abb. B8). Einen Überblick über die morphologischen Verhältnisse des Ruhrreviers gibt Anl. B1b.

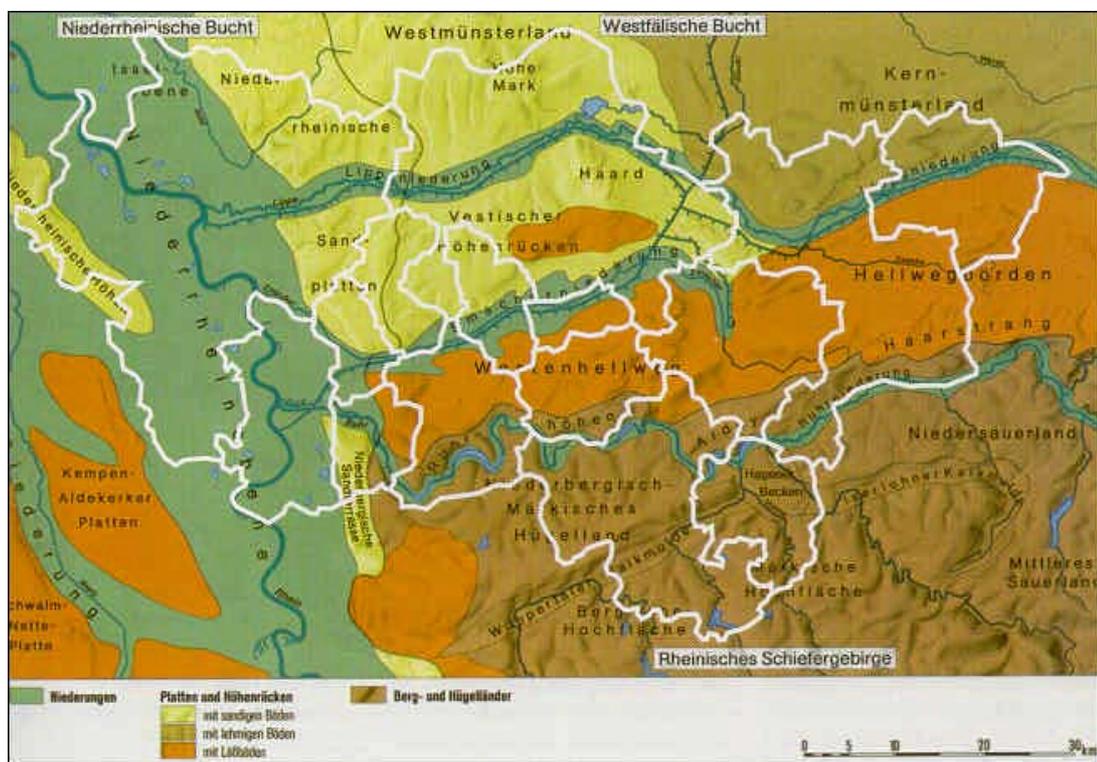


Abb. B8: Naturräumliche Gliederung des Ruhrgebietes (Quelle:

<http://www.sendfeld.de/staatsarbeit/oberthemen/ruhrgebiet/r4.htm>

Südlich erstreckt sich die Region bis ins Bergische und Märkische Land, wo die südlichen Ausläufer des Steinkohlengebirges zu Tage treten. Im Umfeld des Ruhr-Tals steigt das Gelände auf Höhen zwischen 100 und 250 mNHN an (Anl. B1b). Östlich reicht das Ruhrgebiet bis zu den Lössflächen der Hellwegbörde und geht jenseits der

Lippeniederung in die Münsterländische Bucht über. Diese Naturräume waren es, die die frühe wirtschaftliche Nutzung und Verkehrserschließung geprägt, somit auch den Besiedlungsgang in der Zeit vor der Montanindustrie maßgeblich beeinflusst haben.

Die nördlich angrenzenden Kreideschichten, Sande und Mergel überlagern die Kohle führenden Schichten und leiten in das Münsterland über. Zwischen der östlich anschließenden Westfälischen Bucht, einem mit Sedimenten aus den Eiszeiten überdeckten Kreidebecken und dem Rheinischen Schiefergebirge erstreckt sich die Hellwegbörde. Ihren Namen verdankt sie dem mittelalterlichen Handelsweg am Nordrand des Mittelgebirges. Auf den fruchtbaren Lössböden wurde schon früh Ackerbau betrieben; später konnte hier Kohle aus geringer Tiefe gefördert werden. Die Hellwegzone grenzt im Norden an die Emscher-Niederung.

Das Emscher-Tal wurde während der letzten Eiszeit durch die Schmelzwässer ausgewaschen. Wegen des geringen Gefälles und des Wasser stauenden Untergrundes entstanden hier feuchte Bruchwälder und weiträumige Überschwemmungsgebiete. Das Gelände sinkt im Bereich der Emscher-Niederung auf Höhen zwischen 30 und 40 mNHN ab (s. Anl. B1b).

Auch die Lippe schuf durch ihre zahlreichen Flussmäander Auen in den eiszeitlichen Sanden. Hier entstanden im Laufe der Zeit Flussterrassen, die sich über die Auen erheben und die der Landwirtschaft bis heute gute Voraussetzungen bieten. Die Geländehöhen sinken im westlichen Lippetal auf Werte unter 30 mNHN ab (s. Anl. B1b).

Zwischen den Niederungen von Emscher und Lippe steigt das Gelände im nördlichen Ruhrgebiet auf Höhen zwischen 100 und 150 mNHN im Raum Recklinghausen an (s. Anl. B1b).

Im Westen formten Rhein und Eiszeit das Relief der niederrheinischen Ebene. Den Übergang vom Westenhellweg und Emscher-Land bilden im Norden die Niederrheinischen Sandplatten und im Süden die Niederbergischen Sandterrassen. Westlich dieser Sandgebiete liegt die bis zu 25 km breite Rhein-Ebene. Da die Rhein-Auen gelegentlich überflutet werden, boten sie keine Basis für industrielle Ansiedlungen, wohingegen die hochwasserfreien Niederterrassen Standort der Schwerindustrie wurden. Die Geländeoberfläche liegt hier weiträumig im Niveau zwischen 20 und 30 mNHN; örtlich sinkt das Gelände unter 20mNHN ab (Anl. B1b, vgl. Kap. 1.7.4).

1.4 Vorflutverhältnisse

Das Ruhrgebiet wird durch die Flüsse Ruhr, Emscher und Lippe gegliedert (Anl. B1b). Die drei Flüsse münden im westlichen Teil des Reviers in den Rhein.

Die im Süden fließende **Ruhr** war die Namensgeberin der Region; in ihrem Umfeld nahm der Bergbau seinen Anfang. Die Quelle der Ruhr liegt im sauerländischen Winterberg; der Fluss mündet nach rd. 219 km bei Duisburg-Ruhrort auf einem Niveau von rd. 17 mNHN in den Rhein. Seit 1780 ist die Ruhr durch die Einrichtung von Schleusen schiffbar und diente knapp hundert Jahre als Schifffahrtsweg unter anderem auch für den Kohlentransport. Die wachsende Bedeutung der Eisenbahn ließ aber in der Folgezeit die Schifffahrt unrentabel werden.

Im Norden begrenzt die **Lippe** die Region. Sie entspringt im Teutoburger Wald bei Bad Lippspringe auf einem Niveau von 134 mNHN und mündet nach 220 km bei Wesel auf einem Niveau von etwa 20 mNHN in den Rhein. Der Verlauf des Flusses ist windungsreich und durchzieht Grundwasser führende Niederungen. Die Lippe hat insbesondere als Brauch- und Kühlwasserlieferant für die chemische Industrie und die Kraftwerke eine große Bedeutung, versorgt aber auch das Kanalnetz des Ruhrgebietes mit Wasser. Da Grubenwasser in die Lippe geleitet wird, ist der natürliche Salzgehalt erhöht (s. Kap. 3.1.2).

Im Zentrum des Ruhrgebietes verläuft die **Emscher**. Sie entspringt zwischen Dortmund und Unna, in Holzwickede auf einem Niveau von rd. 144 mNHN und mündet nach rd. 83 km bei Dinslaken auf einem Niveau von rd. 20 mNHN in den Rhein.

Vor ihrer Degradierung zur „Abwasserrinne“ der Region besaß sie bis zur Mündung in den Rhein eine Länge von 109 km. Das geringe Gefälle ihres Flusslaufs bewirkte, dass sich kein tiefes Flussbett entwickeln konnte und so kam es nach starken Regenfällen oder nach der Schneeschmelze häufig zu großflächigen Überschwemmungen. Bergsenkungen durch den Kohleabbau verursachten außerdem schwere Abfluss-Störungen: Die Gewässer flossen nicht mehr ab oder flossen sogar rückwärts. Bei Hochwasser überschwemmten sie ganze Stadtteile. Ruhr- und Cholera-Epidemien traten im nördlichen Ruhrgebiet auf.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts begann die Emschergenossenschaft mit dem Ausbau der Wasserläufe durch Begradigung und Vertiefung bzw. Anhebung. Längere Abschnitte der Emscher wurden völlig neu trassiert, um den Abfluss wiederherzustellen. Bis 1913 wurde die Emscher zwischen Duisburg und Dortmund begradigt und eingedeicht, so dass sich der ehemalige Flusslauf auf rd. 83 km verkürzte. Seit den 1920er

Jahren übernahmen die Emscher und ihre Nebenläufe die Funktion eines offenen Abwasserkanals. Bis zum 2. Weltkrieg entstanden insgesamt 23 Kläranlagen. Nach Kriegszerstörungen baute die Emschergenossenschaft in den 50er Jahren nur wenige neue Kläranlagen und konzentrierte sich ganz auf den Schutz des Rheins: An den drei Mündungsarmen - der Alten Emscher, der Kleinen Emscher und am Hauptlauf - wurde je eine leistungsfähige Kläranlage gebaut. Das Klärwerk Emscher-Mündung im Städtedreieck Dinslaken - Duisburg - Oberhausen nahm 1976 als größte Kläranlage Europas den Betrieb auf.

Die offene Abwasserführung blieb jahrzehntelang bestehen, da bei den anhaltenden Bergsenkungen unterirdische Kanäle immer wieder beschädigt worden wären. Die Nordwanderung des Bergbaus aus dem Emscher-Gebiet hinaus ermöglichte Ende der 1980er Jahre Planungen zum Umbau des Emscher-Systems. Die Kernpunkte sind geschlossene Kanäle, dezentrale Abwasserreinigung und möglichst naturnah umgebaute Gewässer bei Vorrang des Hochwasserschutzes. Bei der Umsetzung des Programms wurde ein erster Schwerpunkt auf den Bau von Großkläranlagen gelegt, die an wenigen Standorten entstanden. Das wachsende Netz der unterirdischen Abwasserkanäle, die das Schmutzwasser zu den Kläranlagen transportieren, wird nach Beseitigung der Abwassereinleitungen in das Gewässer eine Gesamtstrecke von rund 400 km umfassen.

Der **Rhein** nimmt im westlichen Randbereich des Reviers zwischen Duisburg und Wesel u.a. die aus dem Ruhrgebiet zutretenden Gewässer in einem Niveau zwischen rd. 17 und 20 mNHN auf. Darüber hinaus erfolgen Einleitungen von Grubenwasser aus dem Bergwerk West (Fossa-Eugeniana, s. Kap. 3.1.2).

1.5 Historische Entwicklung des Bergbaus an der Ruhr

Der Bergbau und seine Auswirkungen haben das Ruhrgebiet maßgeblich gestaltet. Im 14. Jahrhundert wurde zum ersten Mal die im Ruhr-Tal zutage tretende Kohle abgebaut. Im 15. Jahrhundert wurden die ersten senkrechten Schächte gegraben, die Kohle konnte nun aus tieferen Schichten gefördert werden. Die Förderung war bis weit ins 19. Jahrhundert hinein allein durch die Kraft von Pferd und Mensch möglich.

1738 setzte man den Abbau der Kohle unter staatliche Aufsicht; das Bergamt in Bochum übernahm diese Aufgabe. Die Zechenlandschaft wuchs rasant an, nicht zuletzt durch neue Absatzmärkte außerhalb der Region. 1790 gab es schon über 900 Kleinzechen an der Ruhr. Der Transport der Kohle wurde über die bis 1780 mit Hilfe von 16 Schleusen schiffbar gemachte Ruhr abgewickelt, knapp einhundert Jahre später wurden so rd. 800.000 Tonnen Steinkohle transportiert. Durch die Eisenbahn rückte diese Art des Transportes dann aber schnell in den Hintergrund und wurde beendet.

Während der Gründerjahre von 1870 bis 1873 wanderte der Ruhrkohlenbergbau weiter nach Norden in die bis dahin weitgehend sumpfige Emscher-Zone (s. Abb. B9). Hier waren kaum alte Siedlungskerne vorhanden. Deshalb bildeten neue Zechen und Hochöfen die Kerne für schnell und ungeordnet wachsende Arbeiterstädte wie Gelsenkirchen und Bottrop.

Als wichtiger Standortfaktor erwiesen sich die Bahnlinien zum Abtransport der geförderten Kohlen. Neben den Zechen türmten sich nun große Abraumhalden aus Nebengestein auf, da die mechanisierte Abbautechnik viel grober vorging als der einzelne Bergmann mit Hammer und Spitzhacke. Hochöfen mit glühenden Abstichen,

fackelnde Kokereien, rauchende Schloten - das klassische Bild vom Ruhrgebiet ist in diesen beiden Zonen an Hellweg und Emscher entstanden.

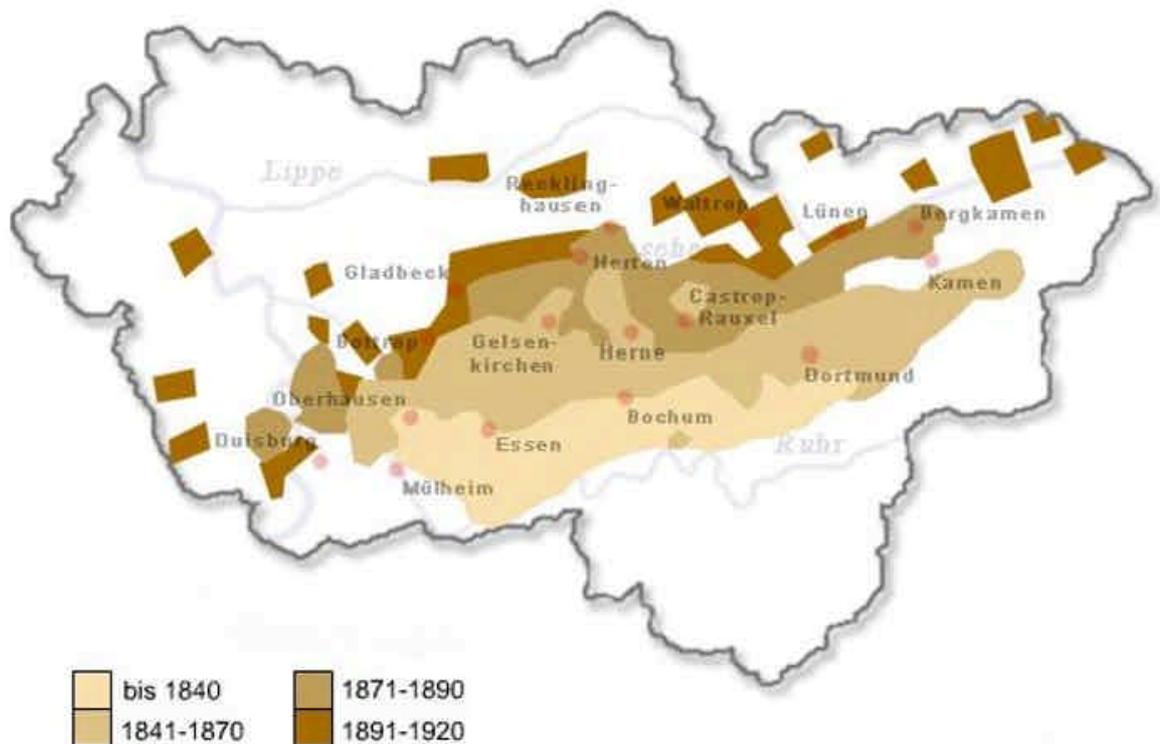


Abb. B9: Nordwanderung des Steinkohlenbergbaus (Quelle: <http://www.sendfeld.de/staatsarbeit/> , 2007)

Hier sind auch heute noch einige Hochöfen in Betrieb; die Eisen-Industrie ist den Zechen nicht weiter nach Norden gefolgt. Die Hütten sind auf die Kohle nicht so stark angewiesen wie auf die Nähe zu den großen Wasserstraßen, auf denen sowohl Kohle als auch Erz aus dem Ruhrgebiet oder von anderen Kontinenten angeliefert wird. Auch die chemische Industrie prägt das Panorama vor allem der Emscher-Zone. Wo früher die flüchtigen Bestandteile der Kohle verarbeitet wurden, liefert heute Erdöl Ausgangsstoffe für die Produktion.

Um die Wende zwischen dem 19. und 20. Jahrhundert überschritt der Bergbau die Lippe nach Norden und den Rhein nach Westen. Das Bild, das sich hier bietet, hat mit der klassischen Vorstellung vom Ruhrgebiet nicht mehr viel zu tun: Zwischen industriellen Mittelstädten wie Marl oder Dorsten dominieren landwirtschaftliche Flächen. Die geringere Verdichtung des Raumes erklärt sich durch die Mechanisierung der Großzechen, von denen oberirdisch außer den Schachtanlagen kaum etwas zu sehen ist. Hier wurden Städte auf der grünen Wiese geplant, um vor allem die Beschäftigten der Zechen und der chemischen Industrie aufzunehmen. Während Städte wie Duisburg durch die dichte Durchmischung verschiedenartigster Nutzungen geprägt sind, blieb in den nördlichen und nordwestlichen Zonen Platz für landwirtschaftliche Nutzung.

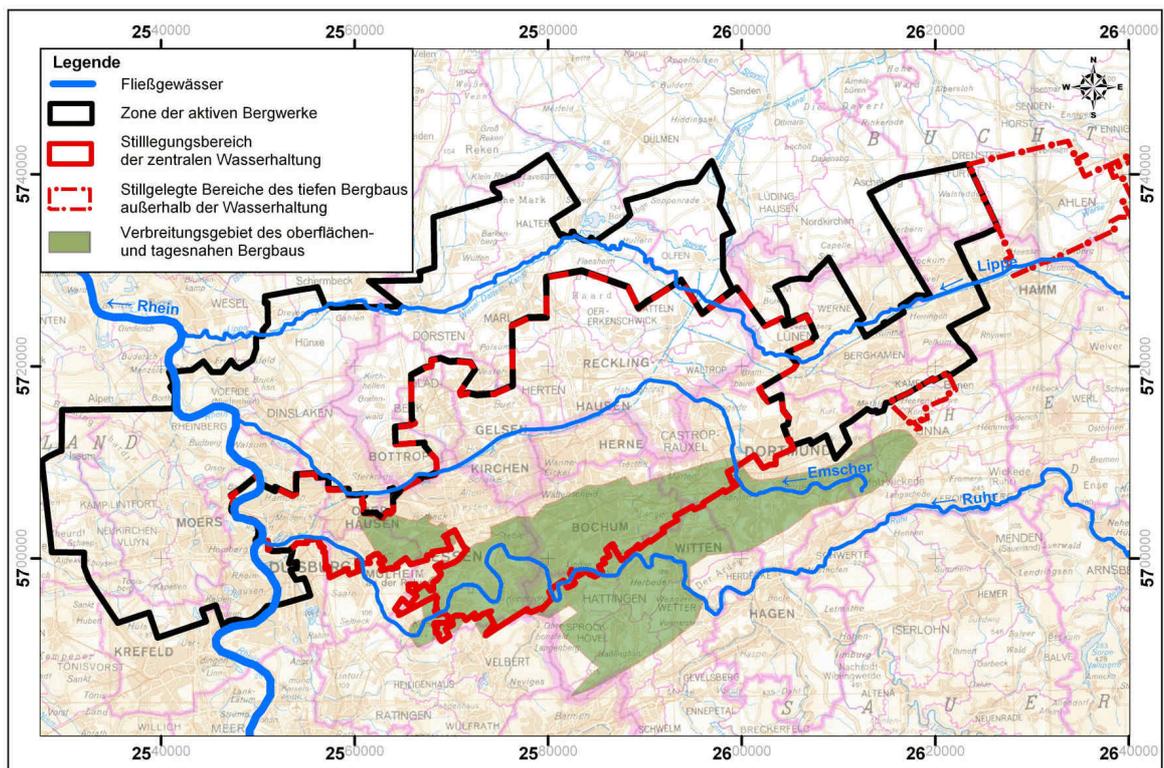
1.6 Heutige Bergbauzonen

Im Zuge der Nordwanderung des Steinkohlenbergbaus wurden die Steinkohlenzechen im südlichen Ruhrbereich sowie im Bereich der Emscher-Mulde sukzessive stillgelegt. Mit der Stilllegung des Bergwerks Ewald-Hugo (Herten/Gelsenkirchen) im Jahr 2000 wurde die Steinkohleförderung in der Emscher-Mulde beendet.

Aufgrund der zahlreichen untertägigen Verbindungen zwischen den Stilllegungsbereichen und den aktiven Bergwerken muss die Wasserhaltung in den Stilllegungsbereichen der Emscher-Mulde zum Schutz der aktiven Bergwerke weiter betrieben werden. Zu diesem Zweck betreibt die DSK derzeit acht Wasserhaltungen im zentralen und südlichen Teil des Ruhrreviers. Somit lässt sich das Ruhrrevier heute im Hinblick auf die Grubenwassersituation in drei Hauptzonen unterteilen (s. Abb. B10):

1. **Aktive Bergbauzone** im Norden, Westen und Osten des Reviers
2. **Stilllegungsbereiche im Einflussbereich der zentralen Wasserhaltung**
im zentralen und südlichen Teil des Reviers
3. **Stilllegungsbereiche außerhalb des Einflussbereiches der zentralen Wasserhaltung**
im südöstlichen und östlichen Randbereich des Reviers

Abb. B10: Zonen der bergbaulichen Wasserwirtschaft im Ruhrrevier mit Bereich des oberflächennahen Bergbaus (Stand 12.2006)



Die **Zone des aktiven Bergbaus** umfasst heute ein Fläche von rd. 1.540 km² mit den aktiven Bergwerken West, Walsum, Prosper Haniel, Lippe, Auguste Victoria und Ost (s. Anl. B1a). Das innerhalb dieser Zone gelegene Bergwerk Lohberg wurde zum

01.01.2006 stillgelegt. Weitere Stilllegungen in dieser Zone betreffen in den nächsten Jahren die Bergwerke Walsum und Lippe.

Die **zentrale Wasserhaltung** umfasst die acht Wasserhebungsbereiche Concordia, Amalie, Heinrich, Friedlicher Nachbar, Robert Müser, Hansa, Zollverein und Carolinenglück (s. Anl. B1a). Der Einflussbereich der zentralen Wasserhaltungen erstreckt sich damit über den Bereich der Emscher-Mulde hinaus nach Süden bis an die Ruhr und umfasst eine Fläche von insgesamt rd. 1.060 km². Das Grubenwasser wird hier in den jeweiligen Wasserhaltungsschächten auf einem Niveau zwischen rd. -445 mNHN (Robert Müser) und -950mNHN (Zollverein) abgepumpt; nur im Wasserhebungsbe- reich Friedlicher Nachbar wurde ein deutlich höheres Standwasserniveau von -165 mNHN eingerichtet (s. Kap. 3.1.2).

Innerhalb des Einflussbereiches der zentralen Wasserhaltung liegt keine flächenhafte Entwässerung aller bergbaulichen Hohlräume vor. Lokal haben sich u.a. auch auf- grund der Abdämmung von einzelnen Kleinbergwerken nach deren Stilllegung hy- draulisch eigenständige Bereiche ausgebildet, in denen deutlich höhere Standwasser- niveaus ausgebildet sind bzw. das Standwasserniveau bereits das natürliche Vorflut- niveau wieder erreicht hat. So wurden z.B. im Zusammenhang mit dem spektakulären Tagesbruch „Höntrop“ oberflächennahe Standwasserniveaus in einer hydraulisch eigenständigen Grube vorgefunden (Grube Ver. Maria Anna und Steinbank, Bochum- Wattenscheid; TABERG PLANUNGSBÜRO GMBH, 25.01.2001).

Im südöstlichen Randbereich des Reviers, wo der Steinkohlenbergbau seinen Anfang nahm, liegen größere Teilflächen des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus (s. Kap. 1.7.2) **außerhalb des Einflussbereiches der zentralen Wasserhaltung**. Dieser Bereich erstreckt sich über eine Fläche von rd. 290 km² im Gebiet der Städte Hattin-

gen und Witten sowie im Osten über den südlichen Teil von Dortmund bis nach Unna (Stand 12.2006). Die in diesem Bereich gelegenen Zechen wurden zumeist bereits gegen Ende des 19. bzw. in der ersten Hälfte der 20. Jahrhunderts stillgelegt. Das Grubenwasser ist daher hier bereits weitflächig bis in das natürliche Vorflutniveau angestiegen (vgl. OBERSTE-BRINK, 1940). Inwieweit Auswirkungen der zentralen Wasserhaltung sich auch in diese südöstliche Randzone des Reviers erstrecken, konnte im Rahmen der vorliegenden Betrachtungen nicht untersucht werden. Grundsätzlich ist aber damit zu rechnen, dass auch Teilbereiche dieser Zone noch zur zentralen Wasserhaltung entwässern.

Darüber hinaus liegen außerhalb des Einflussbereiches der zentralen Wasserhaltung die hydraulisch eigenständigen Steinkohlenzechen Westfalen und Königsborn im östlichen Randbereich des Ruhrreviers. Die Zeche Westfalen, Ahlen, wurde im Jahr 2000 stillgelegt; die Zeche Königsborn, Unna/Bönen, im Jahre 1978 (Altbereich Königsborn). Die Zeche Westfalen hatte keine Verbindungen zu den Nachbarbergwerken („Insellage“). Die einzige Verbindungsstrecke des Bergwerks Königsborn zum Bergwerk Ost wurde im Jahre 1996 durch einen Hochdruckdamm geschlossen. In beiden Bergwerken erfolgt derzeit der Grubenwasseranstieg. Für die Zeche Westfalen liegen keine konkreten Angaben zum Verlauf des Grubenwasseranstiegs vor; gemäß DMT (06.2004) wird für 2007 der Überstau der 829 m-Sohle erwartet. Auf der Zeche Königsborn lag gemäß DSK (12.2006) am 22.11.2006 ein Standwasserniveau von -294,5 mNHN (Schacht 4) vor.

Weitere derartige Insellagen sind vor allem im südöstlichen Randbereich des Reviers bekannt; diese Bereiche werden im Rahmen einer fortlaufenden Bestandsaufnahme durch die Bezirksregierung Arnsberg erfasst.

1.7 Hinterlassenschaften des Bergbaus

Bezüglich der Art und des Ausmaßes der möglichen Einwirkungen auf die Tagesoberfläche sind gemäß der Vorgehensweise der Bergbehörde des Landes NRW folgende bergbauliche Hohlräume zu unterscheiden (BZR ARNSBERG, 28.09.2006):

- Grubenbaue des tiefen Bergbaus (Teufe > 100 m)
- Grubenbaue des oberflächennahen Bergbaus (Teufe < 100 m, Festgesteinsüberlagerung > 30 m)
- Grubenbaue des tagesnahen Bergbaus (Teufe < 100 m, Festgesteinsüberlagerung < 30 m)
- Tagesöffnungen des Bergbaus (Schächte, Stollenmundlöcher)

Auf die Verhältnisse wird in den nachfolgenden Kapiteln eingegangen.

1.7.1 Tiefer Bergbau

Der sogenannte tiefe Bergbau umfasst alle Grubenbaue in einer Teufe > 100 m. Nach allgemeiner Lehrmeinung sind Einwirkungen auf die Geländeoberfläche aus dem tiefen Bergbau infolge konvergierender Grubenbaue in der Regel in einem Zeitraum von 5 Jahren nach Ende der Abbautätigkeit abgeschlossen. Die in diesem Zusammenhang auftretenden Bodenbewegungen betreffen daher im Wesentlichen die Zone des aktiven Bergbaus.

Einen Überblick über die Lage der Abbaufächen des Steinkohlenbergbaus gibt Anl. B2 (Stand: 03.2007).

1.7.2 Oberflächennaher und tagesnaher Bergbau

Die Zone des **oberflächennahen Bergbaus** umfasst die in einer Teufe von < 100 m gelegenen Grubenbaue mit einer Festgesteinsüberdeckung von mehr als 30 m. Aufgrund des geringeren Gebirgsdruckes haben die Grubenbaue in dieser Zone eine erheblich längere Standzeit als beim tiefen Bergbau. Daher sind hier lange nach Ende der Abbautätigkeit Einwirkungen auf die Tagesoberfläche nicht auszuschließen. Im allgemeinen beschränken sich die Einwirkungen auf die Tagesoberfläche in dieser Zone auf flache Senkungsmulden im Dezimeterbereich; allerdings sind auch Tagesbrüche nicht auszuschließen.

Oberflächennahe Grubenbaue mit einer Festgesteinsüberlagerung < 30 m werden dem tagesnahen Bergbau zugerechnet. Kennzeichnendes Merkmal des **tagesnahen Bergbaus** ist, dass grundsätzlich ohne zeitliche Begrenzung mit Tagesbrüchen gerechnet werden muss. Die Mächtigkeit der tragfähigen Schichten reicht nicht aus, um über eine größere Grundfläche ein standsicheres Stützgewölbe auszubilden. Die Auswirkungen an der Oberkante der Felslinie pausen sich mit zunehmender Zeit auch durch die überlagernden Lockergesteine bis zur Tagesoberfläche durch.

Die Zone des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus erstreckt sich nach einer Auswertung der Bezirksregierung Arnsberg (BZR ARNSBERG, 28.09.2006) und den von der DSK vorgelegten Unterlagen zur Verbreitung der stillgelegten Flächen des Steinkohlenbergbaus im südöstlichen Teil des Ruhrreviers, im Bereich der Städte Mülheim, Essen, Bochum, Dortmund, Hattingen und Witten, über eine Fläche von rd. 550 km^2 . Davon liegt eine Teilfläche von rd. 260 km^2 im Bereich der Städte Mülheim, Essen, Bochum und Dortmund im Einwirkungsbereich der zentralen Wasserhaltung (s. Anl. B2).

1.7.3 Tagesschächte, Stollen

Nach einer Zusammenstellung der Bezirksregierung Arnsberg (BZR ARNSBERG, 28.09.2006) wurden bisher für den Bereich des Ruhrreviers insgesamt 11.500 verlassene Tagesöffnungen des Bergbaus (Schächte und Stollenmundlöcher) registriert. Der größte Anteil dieser Tagesöffnungen liegt in der Zone des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus im südöstlichen Randbereich des Ruhrreviers (Anl. B3). Im Einflussbereich der zentralen Wasserhaltung liegen insgesamt 5.300 Tagesöffnungen. Bei 600 dieser Tagesöffnungen handelt es sich um Stollenmundlöcher; für 700 Tagesöffnungen konnte die Art des Grubenbaus bisher nicht ermittelt werden.

Nach den heutigen Bewertungskriterien sind erst die seit den achtziger Jahren aufgegebenen und gesicherten Schächte als dauerstandsicher zu bewerten. Danach sind im Einflussbereich der zentralen Wasserhaltung bisher rd. 500 Tagesöffnungen dauerstandsicher verfüllt oder so hergerichtet, dass keine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit vorliegt. Im Bereich der zentralen Wasserhaltung sind insgesamt rd. 800 Schächte als Schächte des tiefen Bergbaus (Teufe > 100 m) anzusprechen. Eine Vielzahl dieser Schächte ist nach einer Zusammenstellung der Bezirksregierung Arnsberg als möglicherweise unzureichend gesichert zu bewerten (s. Anl. B3); rd. 250 dieser Schächte liegen außerhalb der Zone des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus.

1.7.4 Polderflächen

In den Bergsenkungsgebieten des Ruhrreviers wurden in Bereichen mit hohen natürlichen Grundwasserständen flächenhaft Entwässerungsmaßnahmen erforderlich, um eine Vernässung bzw. Überflutung besiedelter Bereiche zu verhindern. Durch die für diesen Bereich zuständigen Wasserverbände (vgl. Kap. 1.2) werden Poldergebiete mit einer Gesamtfläche von rd. 970 km² künstlich entwässert (s. Anl. B4); dazu wird durch die zuständigen Wasserverbände eine Vielzahl von Pumpwerken betrieben (s. Abb. B4 bis B6).

Die Ermittlung der Polderflächen basiert auf einer Abschätzung potenziell überfluteter Flächen bei Zugrundelegung ursprünglicher, natürlicher Grundwasserhöhen vor Beginn bergbaulicher Einwirkungen. So wurden z.B. die Polderflächen durch die LINEG durch Verschneiden der Grundwasserspiegellage von 1909 mit der heutigen Geländeoberfläche ermittelt; dabei ergibt sich für das linksniederrheinische Gebiet ohne die Polderflächen des Steinsalzbergbaus und abzüglich größerer Auskiesungsflächen eine Gesamtfläche von rd. 97 km², die potenziell überstaut ist. Da bisher vollständige Unterlagen zu den tatsächlichen Bodensenkungen seit Beginn des Bergbaus fehlen, ist dies ein plausibler Ansatz, um solche Grundlagendaten zu ermitteln. Allerdings werden dabei eben auch andere künstliche Vertiefungen, z.B. Auskiesungen, mit in die Betrachtung einbezogen und müssen gesondert bewertet werden.

Darüber hinaus umfasst die Zusammenstellung der Polderflächen im Bereich von Emschergenossenschaft und Lippeverband auch die außerhalb der Bergsenkungsbe- reiche gelegenen Flächen, in denen aufgrund der bergbaulichen Einwirkungen Vor- flut-regulierende Maßnahmen erforderlich wurden.

Die Poldergebiete erstrecken sich weitflächig über die zentralen Bereiche des Ruhrreviers zwischen Lippe und Emscher sowie nördlich der Lippe insbesondere im Raum Dorsten - Raesfeld (s. Anl. B4). Insbesondere in weiten Teilen der **Emscher-Region** ist das natürliche Grundwasserfließsystem erheblich durch die Folgewirkungen des Steinkohlenbergbaus und die damit verbundenen Bergsenkungen gestört. Gemäß MUNLV NRW (06.2005b) müssen ca. 38 % der Fläche des Emscher-Gebietes (vgl. Kap. 1.4) künstlich entwässert werden, da sie tiefer als die natürlichen Vorfluter liegen. Die Sumpfungswassermenge beträgt für diesen Bereich ca. 20,9 Mio. m³/a.

Im **Niederrheingebiet** wird durch die Flurabstands-regulierenden Maßnahmen Grundwasser in einer Größenordnung von ca. 125 Mio. m³/a gefördert; rd. 12 % dieser Sumpfungsmenge (entsprechend rd. 15 Mio. m³/a) entfällt auf die Steinsalzpolder. Die Wassermenge wird direkt in den Rhein, ortsnah in Vorfluter (teilweise versickert das Wasser und der Rest gelangt ebenfalls in den Rhein) oder in geringem Umfang in die Kanalisation eingeleitet, dem Grundwasserleiter durch Re-Infiltration wieder zugeführt, für Bewässerungszwecke eingesetzt, als Betriebswasser verwendet oder für die Trinkwassergewinnung genutzt.

Die Flurabstands-regulierenden Maßnahmen müssen dauerhaft durchgeführt werden. Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs kann sich der Wasserzulauf zu den Pumpstationen lokal erhöhen, wenn bisher in das Grubengebäude versickernde Grundwässer dem oberflächennahen Grundwasserstockwerk nicht mehr entzogen werden.

Die in Anl. B4 nördlich des Bergwerks West am linken Niederrhein dargestellten Polderflächen sind auf die Bergsenkungen im Bereich des zwischen Xanten und Borth umgegangenen Steinsalzbergbau zurückzuführen.

1.8 Bergbaugesellschaften

Die heute aktiven deutschen Steinkohlenbergwerke - davon sechs im Ruhrrevier (Bergwerk Lohberg wurde 2006 stillgelegt; s. Anl. B1a) - werden von der Deutsche Steinkohle AG, Herne (DSK), einer Tochter des RAG Konzerns, betrieben. Die Hauptanteilseigner des RAG-Konzerns - E.ON AG, RWE AG und Thyssen/Krupp AG - sind als „Alt-Bergbaugesellschaften“ in der Rechtsnachfolge zahlreicher alter Kleinzechen und Bergwerke im südlichen Teil des Reviers für die Hinterlassenschaften des Altbergbaus mit verantwortlich.

Im Rahmen des Börsenganges ist geplant, das Eigentum der Aktien der RAG AG an eine Stiftung zu übertragen, die dann den so genannten „weißen Bereich“ an die Börse bringt. Mit diesem Erlös sollen die Ewigkeitskosten finanziert werden. Der Börsengang ist zur Zeit in Vorbereitung.

Auch nach Bildung der Stiftung verbleibt die Verantwortlichkeit für den nicht in der Verantwortlichkeit der RAG AG geführten Steinkohlenabbau im südlichen Teil des Ruhrreviers bei den o.g. „Altbergbaugesellschaften“.

Einen Überblick über die Eigentumsverhältnisse der Abbaufelder in der Zone des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus innerhalb des Einflussbereiches der Zentralen Wasserhaltung zeigt Anl. B5. Danach weisen die Abbaufelder der „Alt-Bergbaugesellschaften“ in dieser Zone flächenmäßig den größten Anteil auf. Für Teilflächen sind die Konzessionen erloschen („erloschene Felder“ in Anl. B5), so dass kein Rechtsnachfolger mehr vorhanden ist. Für die Hinterlassenschaften des Altbergbaus auf diesen Flächen steht zunächst das Land Nordrhein-Westfalen bzw. der jeweilige Grundstückseigentümer in der Verantwortung. Im Zusammenhang mit einem

Anstieg des Standwasserniveaus im südlichen Teil des Reviers sind die erforderlichen Maßnahmen zwischen den beteiligten Gesellschaften frühzeitig abzustimmen.

2 Geologisch-hydrogeologisches Modell

Grundlage für die Bewertung der möglichen Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Grundwasserverhältnisse im Deckgebirge und die verschiedenen Schutzgüter an der Tagesoberfläche ist neben der Bestandsaufnahme bergbaulicher Hinterlassenschaften eine Modellvorstellung über den Aufbau von Grund- und Deckgebirge sowie die hydraulischen Wechselwirkungen zwischen diesen Einheiten. Das für die vorliegenden Untersuchungen zugrunde gelegte geologisch-hydrogeologische Modell wird im Folgenden erläutert. Die Darstellungen basieren im Wesentlichen auf den Unterlagen von JÄGER ET AL. (1990) bzw. HAHNE & SCHMIDT (1982) sowie der Geologische Karte des Ruhrkarbons im Maßstab 1:100.000.

2.1 Aufbau Steinkohleengebirge

2.1.1 Grundzüge der Tektonik

Die wesentlichen großtektonischen Einheiten des Steinkohleengebirges zeigt Anl. B6. Im Rahmen der variszischen Tektonik wurde das Steinkohleengebirge intensiv gefaltet. Hauptgliederungselemente dieser Faltentektonik sind die SW-NE-streichenden Sattel- und Muldenzonen. Die tektonischen Falten werden durch faltenachsenparallele Überschiebungen begleitet. Die Faltungsintensität nimmt von SE nach NW ab; die Muldenzonen werden nach NW sukzessive breiter. Einen repräsentativen NW-SE-gerichteten Schnitt durch das Karbon zeigt Abb. B11.

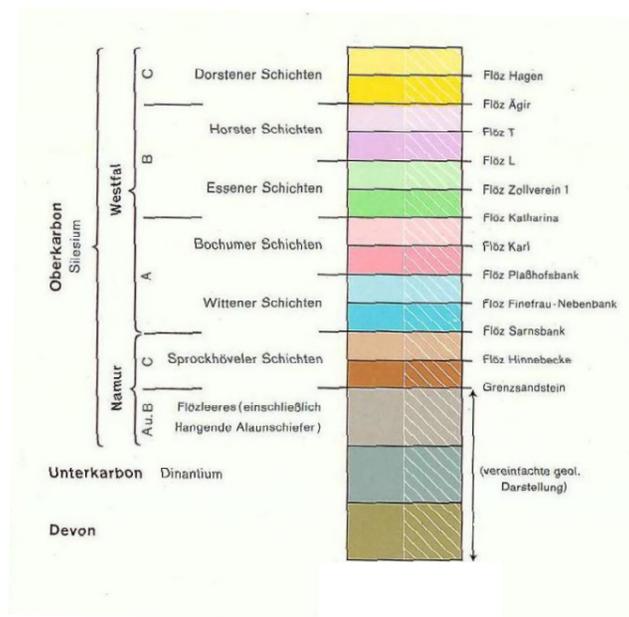
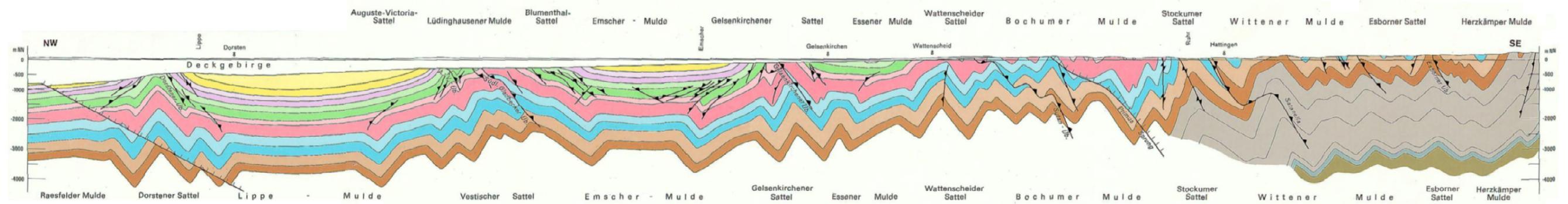


Abb. B11: Repräsentativer Querschnitt durch das zentrale Ruhrrevier (aus Geologische Karte des Ruhrkarbons, Maßstab 1:100.000)

Die SW-NE-gerichteten Faltenstrukturen wurden durch eine intensive syn- bis postvariszische Bruchtektonik überprägt. Das Steinkohlengebirge wurde durch zahlreiche NW-SE-verlaufende Abschiebungen (Sprünge) in Horst- und Grabenstrukturen zerlegt (Anl. B6). Diesen Störungszonen kommt insbesondere im Hinblick auf die Bewertung von Gebirgsdurchlässigkeiten im Grund- und Deckgebirge sowie auch im Hinblick auf das Auftreten von Unstetigkeitszonen an der Geländeoberfläche eine wichtige Bedeutung im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu.

2.1.2 Verbreitung der Steinkohle führenden Schichten

Das produktive Karbon umfasst eine rd. 2.900 m mächtige Folge überwiegend klastischer Sedimente aus dem Zeitraum zwischen dem Namur C (Sprockhöveler Schichten) und dem Westfal C (Dorstener Schichten). JÄGER ET AL. (1990) unterscheiden nach stratigraphischen und lithologischen Gesichtspunkten drei Haupteinheiten:

- Einheit I: Die Horster und Dorstener Schichten sind gekennzeichnet durch einen großen Anteil an mächtigeren grobkörnigen Sandsteinen (Sandsteinanteil rd. 50 %)
- Einheit II: Essener bis mittlere Bochumer Schichten werden überwiegend aus feinkörnigen Sedimenten (Tonstein) aufgebaut (Sandsteinanteil rd. 25 %)
- Einheit III: Mittlere/Untere Bochumer Schichten, Wittener und Sprockhöveler Schichten sind wieder durch einen höheren Sandsteinanteil gekennzeichnet (Sandsteinanteil rd. 35 %); größere Sandsteinbänke sind gegenüber Einheit I selten.

Die Verbreitung der einzelnen Einheiten an der Karbonoberfläche zeigt Anl. B7. Am Südrand des Ruhrreviers streichen die Flöz führenden Karbonschichten entlang einer Linie Unna-Sprockhövel-Duisburg an der Geländeoberfläche aus. Im Hinblick auf die Bewertung des hydraulischen Kontaktes zwischen Grund- und Deckgebirge ist insbesondere die Verbreitung stärker durchlässiger Sandsteinbänke von Bedeutung. Über grobkörnige Sandsteinbänke sind im Rahmen des Grubenwasseranstiegs lokal verstärkte Wasserübertritte aus dem Karbon zu erwarten. Die durch einen erhöhten Anteil solcher Sandsteinbänke gekennzeichnete Einheit I tritt insbesondere im nördlichen Teil des Reviers auf; hier sind die Wasserzutritte aus dem Deckgebirge aber aufgrund der geringeren Gebirgsdurchlässigkeiten in großer Teufe insgesamt vergleichsweise gering. Aber auch im südlichen Teil, insbesondere im Bereich der Sprockhöveler Schichten sind zahlreiche, stärker Wasser führende Sandsteinhorizonte bekannt, die hier auch im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu entsprechenden verstärkten Wasserübertritten in das Deckgebirge führen können.

Die Verteilung dieser stärker Wasser führenden Sandsteinhorizonte ist bei der Detailbetrachtung der hydraulischen Zusammenhänge zwischen Steinkohlen- und Deckgebirge zu berücksichtigen.

Erhebliche Bedeutung als Wasserleitbahnen haben nach JÄGER ET AL. (1990) darüber hinaus besonders die mehrere 100 m Seigerverwurf erreichenden Störungen. Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs kommt dabei denjenigen Störungen die größte Bedeutung zu, die sich in das Deckgebirge fortsetzen. Im Hinblick auf die Erfassung und Bilanzierung von möglichen Grubenwasseraufstiegszonen im Deckgebirge ist daher eine Bestandsaufnahme solcher Störungszonen erforderlich.

2.1.3 Erzvorkommen

Im Hinblick auf mögliche Schwermetallgehalte der in den einzelnen Gruben zusetzenden Grubenwässer ist insbesondere eine Berücksichtigung von Erzvorkommen von Bedeutung. Im Ruhrrevier treten vor allem Blei-Zink-Erze als Brekzienerz auf den Hauptquerstörungen, bevorzugt im Kreuzungsbereich mit Sattelachsen, auf (s. Anl. B6). Nach HAHNE & SCHMIDT (1982) besteht die Erzprovinz Ruhrrevier aus drei als bauwürdig bekannten Erzgängen:

- dem William-Köhler-Gang (Zeche Auguste Victoria, heute Bergwerk Auguste Victoria/Blumenthal/Haard), Marl
- dem Christian-Levin-Gang (Zeche Christian-Levin, heute Bergwerk Prosper Haniel und ZW Amalie), Essen
- dem Klara-Gang (Zeche Graf Moltke, heute ZW Zollverein), Gladbeck

Die von WEDEWARDT (1995) im Bereich der Grube Auguste Victoria in Teufen zwischen -772 mNHN und -1.021 mNHN entnommenen Grubenwasserproben weisen vereinzelt Zn-Gehalte zwischen 5,2 und 32 mg/l auf. Angaben zur Schwermetallbelastung der in die Lippe eingeleiteten Grubenwässer standen im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung nicht zur Verfügung.

2.1.4 Höhenlage der Karbonoberfläche/Deckgebirgsmächtigkeit

Das Steinkohlengebirge tritt im südlichen Ruhrrevier auf einer Breite von maximal rd. 18 km im Raum Bochum/Hattingen unter geringmächtiger quartärer bzw. ohne Überdeckung zutage (Anl. B8). Die Geländeoberfläche liegt in diesem Bereich entlang der

Ruhr auf einem Niveau zwischen rd. 50 mNHN bei Mülheim und 150 mNHN bei Hagen. Im Raum Sprockhövel/Witten steigen die Geländehöhen auf den Höhenzügen bis auf rd. 250 mNHN an.

Nach Nordwesten wird das Steinkohlengebirge diskordant von permischen bis quartären Ablagerungen überlagert (s. Kap. 2.2). Die Karbonoberfläche sinkt dabei mit einer mittleren Neigung von 2 bis 3° sukzessive in nordwestlicher Richtung unter die immer mächtiger werdenden Deckgebirgsschichten ab. Am nordwestlichen Rand des Einflussbereiches der zentralen Wasserhaltung liegt die Karbonoberfläche auf einem Niveau zwischen rd. -200 mNHN im Bereich Duisburg und rd. -650 mNHN in Recklinghausen; das Deckgebirge erreicht hier eine Mächtigkeit zwischen rd. 250 und 700 m. Im nördlichen Randbereich der Zone des aktiven Bergbaus sinkt die Karbonoberfläche auf ein Niveau zwischen rd. -1.000 und -1.200 mNHN ab. Die Deckschichtenmächtigkeit steigt hier entsprechend bis auf Beträge > 1.000 m an.

2.2 Aufbau Deckgebirge

Nördlich der Linie Mülheim - südliche Stadtgebiete von Essen, Bochum, Dortmund und Unna wird das Steinkohlengebirge weitflächig von Kreideablagerungen überdeckt (Münsterländer Becken). Nordwestlich einer Linie Duisburg - Dorsten nimmt die Mächtigkeit der Kreideschichten sukzessive ab. Im nordwestlichen Teil des Ruhrreviers wird das Deckgebirge im Wesentlichen von Ablagerungen des Perm (Zechstein), der Trias (überwiegend Buntsandstein) und des Tertiär (Oligozän) aufgebaut. Die entsprechende Verbreitung der Deckgebirgsschichten an der Karbonoberfläche, die insbesondere im Hinblick auf die unmittelbaren hydraulischen Wechselwirkungen

zwischen Steinkohlengebirge und Deckgebirge beim Anstieg des Grubenwassers von Bedeutung ist, ist in Anl. B9 dargestellt.

Auf der Grundlage dieser räumlichen Differenzierung des Deckgebirgsaufbaus lässt sich für das Deckgebirge des Ruhrreviers eine generelle Gliederung in einen zentralen und östlichen „**Westfälischer Raum**“ (Münsterländer Becken, Oberkreideablagerungen) und ein westliches „**Niederrhein-Gebiet**“ (Niederrheinische Bucht, mächtige Perm-, Trias- und Tertiär-Schichten) vornehmen.

Aufgrund der unterschiedlichen hydrogeologischen Eigenschaften der einzelnen Deckgebirgsschichten sind innerhalb des Deckgebirges im Allgemeinen mehrere Grundwasserstockwerke mit unterschiedlichen hydraulischen und hydrochemischen Eigenschaften ausgebildet. Diese vertikale Differenzierung wird mit zunehmender Deckgebirgsmächtigkeit ausgeprägter. Im südöstlichen Ausbissbereich der Grundwasser stauenden Schichten schließen sich die unterschiedlichen Grundwasserstockwerke zu einem oberflächennahen Grundwasserstockwerk zusammen.

Zur Verdeutlichung des Deckgebirgsaufbaus im Ruhrrevier sind dem vorliegenden Bericht vier repräsentative NW-SE-gerichtete Querprofile (Profile 2, 4, 6, 8) und ein SW-NE-gerichtetes Längsprofil (Profil 1) als Anl. B10.1 bis Anl. B10.5 beigelegt. Die Profildarstellungen basieren auf den Unterlagen von JÄGER ET AL. (1990). Die Lage der Profillinien ist in Anl. B9 dargestellt.

Die wesentlichen Gesichtspunkte hinsichtlich der Ausbildung der Deckschichten und ihrer hydrogeologischen Eigenschaften sind im Folgenden für die einzelnen Deckgebirgsräume des Ruhrreviers zusammenfassend beschrieben.

2.2.1 Westfälischer Raum - Münsterländer Becken

Im „Westfälischen Bereich“ lässt sich das Deckgebirge aus hydrogeologischer Sicht und im Hinblick auf mögliche Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs grob in drei Hauptstockwerke unterteilen:

- ein tiefes Grundwasserstockwerk im Liegenden des Emscher-Mergel
- den Emscher-Mergel als Barrierschicht
- ein oberes Grundwasserstockwerk im Hangenden des Emscher-Mergel

- tiefes Grundwasserstockwerk im Liegenden des Emscher-Mergel

Im Bereich des Münsterländer Beckens treten als hydrogeologisch relevante Haupteinheit an der Deckgebirgsbasis flächenhaft die **Kalkstein/Kalkmergel Ablagerungen des Cenoman und Turon** auf. Diese Schichten erreichen im nordöstlichen Teil des Ruhrreviers eine Gesamtmächtigkeit bis zu rd. 300 m. Im südöstlichen Ruhrrevier beträgt die Mächtigkeit zwischen rd. 50 und 100 m; zwischen Mülheim und Unna beißen diese Schichten in einem zwischen rd. 3 und 6 km breiten Streifen in einem Höhengniveau zwischen rd. 50 und 200 mNHN an der Geländeoberfläche aus. Eingeschaltet finden sich in diesen Schichten in unterschiedlichen Niveaus die Bochumer und Soester Grünsande. In südwestlicher Richtung geht der Anteil der Kalksteinfazies zugunsten einer Grünsandfazies deutlich zurück.

An der Kreidebasis sind darüber hinaus bis zu rd. 20 m mächtige grünsandige Basis-Schichten ausgebildet (u.a. Essener Grünsand). Im Raum Bochum-Gelsenkirchen-Essen bildet der Essener Grünsand eine gering durchlässige Basisschicht im Hangenden des Steinkohlengebirges. Die Bedeutung dieser Basisschicht für das Einwirkungspotenzial des Grubenwasseranstiegs auf die Wasserführung der hangenden

Cenoman/Turon-Kalke und -Mergel muss im Rahmen einer Detailbetrachtung geklärt werden.

In den Cenoman/Turon-Schichten ist ein weitflächiger Kluftgrundwasserleiter ausgebildet; er bildet im gesamten Münsterländer Becken ein basales unteres Grundwasserstockwerk. Insbesondere östlich des Bergwerkes Haard (Oer-Erkenschwick) sind weitreichende hydraulische Verbindungen aufgrund von Verkarstung (in Teufen bis zu 1.000 m) bekannt; hier wurden auch verstärkt Wassereinbrüche im Karbon beobachtet (JÄGER ET AL., 1990). Weiter im Westen nimmt die Wasserführung dieser Kalke deutlich ab; offene Wasser führende Klüfte werden seltener oder fehlen nahezu vollkommen (JÄGER ET AL., 1990). In der südöstlichen Ausbisszone der Cenoman/Turon-Schichten nimmt der Kalkstein-Anteil östlich von Dortmund deutlich zu.

Das **tiefe Grundwasserstockwerk** in den Cenoman/Turon-Schichten führt im Allgemeinen hoch mineralisierte Wässer und kann unter einem nahezu der Teufe entsprechenden hydrostatischen Druck stehen. Nach DMT (1995) weisen die im basalen Deckgebirge und im Karbon zirkulierenden Wässer bei vergleichbarer Tiefe keine signifikanten Unterschiede im Lösungsinhalt auf. So treten auch im Deckgebirge in Teufen ab etwa 800 m Barium-reiche, Sulfat-freie Wässer auf.

Die Speisung dieses Aquifers erfolgt natürlicherweise aus Richtung Norden (Teutoburger Wald), wo die Schichten in morphologisch höher gelegenen Bereichen zutage treten (s. Abb. B12). Allerdings beschreibt STRUCKMEIER (1990) das tiefe Solesystem aufgrund der insgesamt vergleichsweise geringen Durchlässigkeit als quasi stagnierend bzw. schrumpfend.

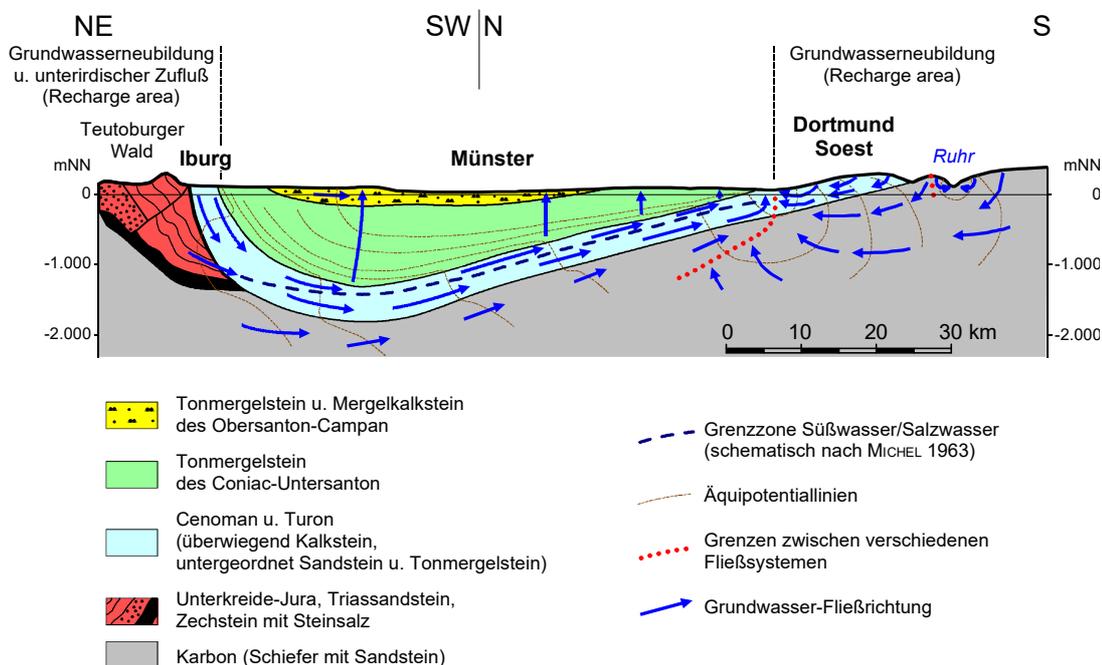


Abb. B12: Grundwasserfließsystem des Münsterländer Kreidebeckens (nach MICHEL (1964), STRUCKMEIER (1990) und JÄGER ET AL. (1990))

Am südlichen Rand des Ruhrreviers, in der Hellwegzone, traten im 19. Jahrhundert noch eine Vielzahl von natürlichen Solequellen an der Grenze zum Emscher-Mergel zutage. Durch die bergbauliche Sumpfung ist der Druckspiegel abgesunken; die Quellen sind versiegt.

Der Anteil der über die Ausbisszonen zusickernden Niederschlagswässer nimmt infolge der bergbaulichen Sumpfung sukzessive zu, was auch zu einer Ausdehnung des oberflächennahen Süßwassersystems führt. Die Beendigung der Sumpfungmaßnahmen des Steinkohlenbergbaus könnte nach WEDEWARDT (1995) dem Vordringen des Süßwassers entgegenwirken.

Zur Erkundung der hydrogeologischen Verhältnisse in den tiefen Deckgebirgsstockwerken wurden seitens der DSK im Rahmen eines Forschungsvorhabens in den

1990er Jahren u.a. im Bereich Kamen/Unna (Bergwerk Ost) und Herne/Recklinghausen (ZW Zollverein) mehrere Tiefpegel eingerichtet; die Lage der Pegel ist nach den Angaben der DSK in Anl. B9 dargestellt. Konkrete Angaben zum Pegelausbau, zur Pegeltiefe, den verfilterten Schichten und Grundwasserständen lagen bei Redaktionsschluss (31.03.2007) nicht vor. Die Lage der Pegel im Bereich Bergwerk Ost/Königsborn ist schematisch in Profil 8 (s. Anl. B10.5) dargestellt.

Seitens DSK wurden im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung die Ergebnisse hydrochemischer Untersuchungen von insgesamt 10 Tiefpegeln einer Probennahmekampagne aus Dezember 2006 zur Verfügung gestellt. Danach wiesen die im Turon verfilterten Pegel Ost 2.1, Ost 3.1 und Ost 4.2 (Bergwerk Ost, Königsborn, s. Profil 8, Anl. B10.5) im Dezember 2006 hohe elektrische Leitfähigkeiten zwischen rd. 16.000 und 60.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf; die Chlorid-Gehalte liegen mit 6.000 bis 24.000 mg/l ebenfalls sehr hoch. Auch der im Bereich der Grube Königsborn in den oberflächennahen stärker durchlässigen Partien des Emscher-Mergel verfilterte Pegel Ost 2.2 weist vergleichbar hohe elektrische Leitfähigkeiten von rd. 35.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Entnahmetiefe 45 m) auf. Dies belegt, dass im Ausbissbereich der Turon-Kalke auch der oberflächennahe Grundwasserleiter in den Emscher-Mergeln stark aufgesalzen sein kann (s.u.). Das Grundwasser hat hier im Hinblick auf die Höhe der Mineralisation insgesamt bereits etwa Meerwasserqualität (Nordsee: rd. 50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 10.500 mg Na/l, nach WEDEWARDT, 1995).

Dagegen wies der unmittelbar südöstlich der Grube Königsborn gelegene Pegel Ost 1.1 im Rahmen der Probennahmekampagne der DSK im Dezember 2006 bei einer Entnahmetiefe von rd. 70 m Süßwassercharakter auf (elektrische Leitfähigkeit 784 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Hier zeichnet sich die Dominanz des niederschlagsbürtigen Grundwassers im Ausbissbereich der Cenoman/Turon-Schichten ab.

Auch die im Bereich Recklinghausen/Herne gelegenen Tiefpegel wiesen im Dezember 2006 in der Regel schon ab einer Entnahmetiefe von 137 m stark mineralisierte Grundwässer mit einer hohen elektrischen Leitfähigkeit zwischen 12.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Pegel Herne-Baukau 1.2) und 45.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Pegel Landwehr 1) bei Chloridgehalten zwischen rd. 4.000 und 19.000 mg/l auf. Auch die von WEDEWARDT (1995) im Jahr 1994 untersuchten Grundwasserproben aus dem Pegel Landwehr 1 zeigten durchweg hohe elektrische Leitfähigkeiten zwischen rd. 30.000 und 39.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Dagegen zeigt der Pegel Landwehr 2 (Recklinghausen) im Rahmen der Beprobungskampagne der DSK im Dezember 2006 bis in eine Entnahmetiefe von 408 m eine vergleichsweise sehr geringe Mineralisation mit einer elektrischen Leitfähigkeit von rd. 2.110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf. Die von WEDEWARDT (1995) im Jahr 1993/1994 untersuchten Grundwasserproben aus dem Pegel Landwehr 2 zeigten dagegen überwiegend hohe elektrische Leitfähigkeiten zwischen 18.500 und 27.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Gerade diese räumlich und zeitlich sehr stark wechselnden Verhältnisse sind es, die zukünftig eine Bewertung möglicher Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs erschweren werden. Eine Erfassung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Qualität der Deckgebirgswässer wird daher nur durch einen entsprechenden zeitlichen Vorlauf bei der Erfassung der durch den Grubenwasseranstieg unbeeinflussten Verhältnisse im basalen Deckgebirge möglich sein. Dabei ist insbesondere auch eine Bewertung der Druckhöhen erforderlich. Die bereits vorhandenen Tiefpegel der DSK können dazu einen wichtigen Beitrag leisten. Eine kontinuierliche Überwachung und Auswertung muss gewährleistet werden.

- Emscher-Mergel als Barrierschicht

Die Ablagerungen des Turon werden nordwestlich der Ausbisslinie der Turon-Schichten an der Geländeoberfläche flächenhaft von Mergeln des Coniac und des Santon überlagert - dem **Emscher-Mergel**. Die Verbreitung und die Mächtigkeit des Emscher-Mergel ist in Anl. B11 dargestellt.

Der Emscher-Mergel weist im östlichen Teil des Reviers Mächtigkeiten zwischen 300 und 500 m auf (s. Profil 6 und 8, Anl. B10.4 und B10.5); im nördlichen Randbereich des Reviers werden Mächtigkeiten über 600 m erreicht. Beginnend am Blumenthal-Sprung bzw. im Marler Graben dünnt der Emscher-Mergel nach Westen und Süden hin allmählich aus (s. Profil 1 und 4, Anl. B10.1 und Anl. B10.3). Im südlichen Teil des Ruhrreviers beißt der Emscher-Mergel in dem durch die zentrale Wasserhaltung beeinflussten Stilllegungsbereich in einem zwischen rd. 10 und 12 km breiten Streifen um die Linie Oberhausen, Castrop-Rauxel, Herne, Kamen an der Geländeoberfläche aus.

Im gesamten mittleren und östlichen Ruhrgebiet ist der Emscher-Mergel sehr gleichförmig als schluffiger Tonmergelstein entwickelt. Erst westlich und südlich des Lohberger Horstes geht er allmählich in eine Folge von Sandmergeln über. Auch der eingeschaltete Emscher-Grünsand ist in seinem nördlichen und östlichen Verbreitungsgebiet als glaukonitischer-feinsandiger Tonmergelstein ausgebildet. In Teufen > rd. 50 m gilt der Emscher-Mergel als grundwasserfrei. In Bereichen mit einer Mächtigkeit > rd. 100 m wird der Emscher-Mergel auch unter Bergbaueinfluss als hydraulische Barriere betrachtet (JÄGER ET AL., 1990).

Nach Westen und Süden nehmen der Kalkgehalt und der Ton/Schluffanteil ab und es erfolgt ein Übergang in einen wenig verfestigten, fließfähigen Sand. Beginnend im

westlichen Teil des Bergwerks Lohberg und dem sich südlich anschließenden Stillstandsbereich verliert der Emscher-Mergel daher zunehmend seine Barriere-Wirkung („Hydrogeologischer Homogenbereich 1b“ - vgl. Profil 1, Anl. B10.1, und Profil 2, Anl. B10.2). Insgesamt bleiben diese Kreidesedimente aber auch im südwestlichen Teil des Reviers vergleichsweise gering durchlässig.

- das obere Grundwasserstockwerk im Hangenden des Emscher-Mergel

Das obere Grundwasserstockwerk im Hangenden der gering durchlässigen Emscher-Mergel ist entsprechend der räumlichen Verteilung der in Oberflächennähe auftretenden Deckgebirgsschichten sehr heterogen aufgebaut (Anl. B12).

Zunächst ist auch im Bereich des Ausstrichzone des Emscher-Mergel bis in eine Teufe von rd. 50 m ein oberflächennaher Kluftgrundwasserleiter ausgebildet. Lokal wird der Kluftgrundwasserleiter hier auch für die Wassergewinnung genutzt. In den Bereichen mit einer Mächtigkeit des Emscher-Mergels < 50 m bestehen hydraulische Kontakte zwischen dem tiefen Grundwasserstockwerk in den Cenoman/Turon-Schichten und dem oberflächennahen Grundwasserstockwerk. Im südlichen Ausbissbereich der Emscher-Mergel gehen die beiden Grundwasserstockwerke daher sukzessive ineinander über und verschmelzen zu einem hydraulisch einheitlichen oberflächennahen Stockwerk.

Im Osten des Reviers wird der Emscher-Mergel von kalkreichen Stromberger, Beckumer und Vorhelmer Schichten überlagert (Bergwerk Westfalen, nordöstlicher Teil Bergwerk Ost). Die rd. 200 m mächtigen Schichten werden aus einer Wechselfolge

von Kalkmergelsteinen, Kalksteinen und Tonmergelsteinen aufgebaut. Sie bilden einen oberflächennahen Kluftgrundwasserleiter im Hangenden des Emscher-Mergels.

Nach Westen sind zunehmend sandige Ablagerungen im Hangenden des Emscher-Mergels ausgebildet. Im nordwestlichen Teil des Bergwerks Ost (Haus Aden) treten die bis zu 80 m mächtigen Cappenberger Schichten (Ton- bis Sandmergelsteine mit Kalksteinbänken) und die bis maximal 50 m mächtigen sogenannten Netteberger Sande (Tonmergelsteine mit Sand und Sandsteineinschaltungen) auf (s. Profil 8, Anl. B10.5). Die Cappenberger Schichten werden von JÄGER ET AL. (1990) wie der Emscher-Mergel in größeren Teufen als gering durchlässig klassifiziert (vgl. Profil 8, Anl. B10.5).

Nach Osten gehen die Cappenberger Schichten in die Fazies des Emscher-Mergel über. Weiter nach Westen erfolgt der Übergang der Cappenberger Schichten in die Recklinghäuser Sandmergel (s. Profil 6, Anl. B10.4). Diese überlagern den Emscher-Mergel nach Westen bis in den Bereich des Bergwerks Walsum. Bei den Recklinghäuser Mergeln handelt es sich um eine Wechselfolge von Feinsandmergelsteinen mit Kalksteinbänken, die eine Mächtigkeit zwischen rd. 50 m im Westen (Profil 4, Anl. B10.3) und rd. 200 m im Osten (Profil 6, Anl. B10.4) aufweisen. In den Recklinghäuser Sandmergeln ist ein Kluftgrundwasserleiter ausgebildet.

Im östlichen Verbreitungsgebiet werden die Recklinghäuser Sandmergel von ziemlich reinen Halterner Sanden in einer Mächtigkeit von rd. 100 m überlagert (s. Profil 6, Anl. B10.4). Weiter nach Westen treten mergelige Osterfelder Sande in einer Mächtigkeit von rd. 50 bis 100 m auf (vgl. Profil 4, Anl. B10.3); der Übergang zwischen den beiden Faziestypen erfolgt im Bereich des Bergwerks Lippe. Bei den Halterner und den Osterfelder Sanden handelt es sich um zumeist ergiebige Porengrundwasser-

leiter, die insbesondere für die Wassergewinnung im nördlichen Ruhrrevier von Bedeutung sind.

Im Bereich der westlichen Kreidemulden („Dorstener und Bottroper Kreidemulde“ bei Dorsten und Bottrop) treten im Hangenden dieser Kreide-Sande als jüngste Schichtglieder die Bottroper Mergel auf (Ton- bis Feinsandmergelsteine, Profil 4 und 6, Anl. B10.3 und Anl. B10.4 sowie Lageplan Anl. B12). Bei größerer Mächtigkeit hat der Bottroper Mergel abdichtende Eigenschaften und gliedert das oberflächennahe Grundwasserstockwerk in zwei hydraulisch getrennte Aquifere; im unteren Aquifer, im Liegenden der Bottroper Mergel, liegen dann z.T. artesische Grundwässer vor.

Das **obere Grundwasserstockwerk** ist generell durch gering mineralisierte Süßwasser gekennzeichnet. Allerdings sind auch im basalen Teil des oberen Grundwasserstockwerks salzreiche Wässer ($> 1.000 \text{ mg NaCl/l}$) beschrieben. Nach JÄGER ET AL. (1990) muss eine weiträumige Verbreitung salzreicher Grundwässer an der Basis des oberen Grundwasserstockwerks angenommen werden. Die natürliche Grenze Salzwasser/Süßwasser ist danach in Teufen zwischen 50 und 200 m anzunehmen. Nach COLDEWEY (1976) ist die Grenze der Versalzung ($> 1.000 \text{ mg/l Chlorid}$) im zentralen Revier im Niveau des Emscher-Mergel in einer Tiefe von 0 mNHN anzusetzen; im nördlichen Revier (Verbreitungsgebiet Halterner Sande) etwas tiefer.

Als Ursache der Versalzung wird u.a. der Aufstieg von Salzwässern aus dem tiefen Grundwasserstockwerk über Störungszonen durch den Emscher-Mergel angenommen (u.a. bei JÄGER ET AL., 1990). DMT (1995) erachtet einen Zustrom der Salzwässer an der Basis des oberflächennahen Kluftgrundwasserleiters aus dem südlichen Revier für wahrscheinlicher, da hier die salzhaltigen Grundwässer des tiefen Grundwasserstock-

werks in das oberflächennahe Stockwerk übertreten (Hellweg-Zone, vgl. oben, tiefes Grundwasserstockwerk im Liegenden des Emscher-Mergel: Pegel Ost 2.2, Grube Königsborn).

Dies ist im Hinblick auf die Bewertung möglicher Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Qualität der Grundwässer des oberen Grundwasserstockwerks von wesentlicher Bedeutung.

Im oberflächennahen Grundwasserstockwerk liegen im zentralen Bereich im Allgemeinen flurnahe Grundwasserstände vor; im Bereich der Halterner Sande sind größere Flurabstände über 10 m ausgebildet. Die Entwässerung erfolgt natürlicherweise über die Hauptvorfluter des Reviers, im Wesentlichen über Lippe und Emscher. Aufgrund der massiven Bergsenkungen ist darüber hinaus eine weitflächige künstliche Entwässerung des oberflächennahen Grundwasserstockwerks erforderlich (s. Kap. 1.7.4).

2.2.2 Niederrhein-Gebiet

Das Niederrhein-Gebiet ist gekennzeichnet durch einen wesentlich komplexeren Aufbau des Deckgebirges. Die Ablagerungen beginnen hier bereits im Zechstein (Perm). Die Mächtigkeit der Kreidesedimente nimmt in westlicher Richtung stark ab; am Top treten mächtige Tertiärsedimente sowie wasserwirtschaftlich relevante quartäre Ablagerungen (Rhein-Terrassen) auf.

Aus hydrogeologischer Sicht und im Hinblick auf die möglichen Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs lässt sich aber auch hier eine generelle Unterteilung in vier Haupteinheiten vornehmen:

- einen basalen Grundwasserstauer an der Deckgebirgsbasis (Zechstein)
- ein tiefes, heterogen aufgebautes Grundwasserstockwerk im Liegenden des Ratinger Tons und der Lintforter Schichten (Tertiär)
- der Ratinger Ton sowie die bindigen Horizonte der Lintforter Schichten als oberflächennaher Grundwasserstauer
- ein oberes Grundwasserstockwerk im Hangenden der Lintforter Schichten

Dieses Profil ist nur im nordwestlichen Randbereich des Reviers weitgehend vollständig ausgebildet. In westlicher und südlicher Richtung keilen die Schichten im Liegenden der tertiären Ablagerungen sukzessive aus. In östlicher Richtung erfolgt ein kontinuierlicher Übergang zum „Westfälischen Raum“. Als Grenze zwischen dem „Niederrhein-Gebiet“ und dem „Westfälischen Raum“ kann aus hydrogeologischer Sicht die östliche Verbreitungsgrenze der tertiären Ablagerungen angesetzt werden. Zu beiden Seiten dieser Grenze ist eine breite Übergangszone ausgebildet, in denen sich Kreide und Zechsteinablagerungen sowie die in den beiden Räumen ausgebildeten maßgeblichen Grundwasser stauenden Horizonte überlagern (Anl. B13).

- der basale Grundwasserstauer an der Deckgebirgsbasis (Zechstein)

An der Deckgebirgsbasis bilden die Ablagerungen des **Zechstein 1** mit Kupferschiefer (1 bis 2 m Schluffstein), Zechstein-Mergel (5 bis 15 m Ton- und Kalkmergelsteine) und Werra-Anhydrit (meist um 10 bis 20 m, örtlich fast 100 m) eine im Normalfall um 30 m, in Sonderfällen bis zu 100 m mächtige Wasser stauende Schichtenfolge.

Kommt ein Salzlager (Werra-Steinsalz, bis zu 200 m) dazu, verstärkt sich diese Barriere.

Im Hangenden erreichen die Schichten des **Zechstein 2 bis 4** eine Mächtigkeit von nur etwa 50 m. Sie bestehen aus einer Wechselfolge von Tonen, Anhydriten und dem um 15 m mächtigen Oberen Zechstein Letten, der den Zechstein gegen den Aquifer Buntsandstein abgrenzt. Darin eingeschaltet ist der Grundwasser führende Plattendolomit.

Die Verbreitung der Zechsteinschichten an der Deckgebirgsbasis erstreckt sich über die nördliche Randzone des Reviers im Bereich der Bergwerke West bis Lippe (Marler Graben). An der südlichen Verbreitungsgrenze sind die Zechstein-Profile erosiv gekappt und der Zechstein wird diskordant von Kreide oder Tertiär überlagert. Die Verbreitungsgrenze der Zechsteinablagerungen reicht dabei in den tektonischen Grabenzonen deutlich weiter nach Südosten.

Das ehemals flächenhaft im Verbreitungsgebiet der Zechsteinablagerungen ausgebildete Salzlager wurde weiträumig subrodiert; heute sind die Salzlager innerhalb des Ruhrreviers im Wesentlichen auf den nördlichen Bereich des Bergwerks West begrenzt. Die Hangendschichten sind im Rahmen der Subrosion zerbrochen; das Liegende ist unbeeinflusst. Durch plastische Verformung und Verkittung mit Anhydrit/Gips-Neubildungen ist allerdings die abdichtende Wirkung der Zechsteinschichten nach der zwischenzeitlichen Auflockerung wieder hergestellt worden. Allerdings ist auch rezente Subrosion mit entsprechenden Auflockerungserscheinungen nicht auszuschließen.

Der ehemalige Ostrand des Zechstein-Beckens wird von einer Riff-Fazies umgrenzt. Der Verbreitungsbereich dieser Riff-Fazies erstreckt sich im Bereich Kirchhellen-Dorsten über Teile des Bergwerks Prosper-Haniel (vgl. Profil 1, Anl. B10.1). Hier treten unregelmäßig verteilte Riff-Körper auf, die bereichsweise dem Steinkohlengebirge direkt auflagern. Die Mächtigkeit erreicht bis über 100 m.

Das Zechstein-Riff ist ein Kluft- und Karstgrundwasserleiter mit guter Wasserwegsamkeit. Dort, wo Karbonsandsteine an der Basis des Zechstein-Riffs austreichen, wird wie im Bereich der Cenoman/Turon-Kalksteine mit hydraulischen Verbindungen zum Steinkohlengebirge gerechnet. Eine hydraulische Trennung zwischen Steinkohlengebirge und dem unteren tiefen Grundwasserstockwerk, wie er im sonstigen Verbreitungsgebiet der Zechstein-Ablagerungen anzunehmen ist, ist hier nicht gegeben.

- das tiefe, heterogen aufgebaute Grundwasserstockwerk im Liegenden des Ratinger Tons und der Lintforter Schichten (Tertiär)

In Abhängigkeit von der Vollständigkeit der triassischen und kretazischen Schichtenfolge ist dieses Stockwerk in mehrere Grundwasser stauende und Grundwasser führende Horizonte gegliedert. Den bedeutendsten Grundwasser führenden Horizont bilden die im Hangenden der Zechsteinablagerungen in einer Mächtigkeit bis zu 300 m weitflächig verbreiteten Schichten des Unteren und Mittleren Buntsandstein (Niederrhein-Folge, Volpriehausen-Folge, Solling-Folge). Dabei handelt es sich überwiegend um Sandsteine wechselnder Korngröße, in denen ein ergiebiger Porengrundwasserleiter ausgebildet ist. Nach Westen hin nimmt der Anteil an Ton-/Schluffstein-Lagen zu und die Durchlässigkeit damit sukzessive ab. Im Marler Gra-

ben sind diese Buntsandsteinschichten als Wechsellagerung von verfestigten Feinsand- und Ton-/Schluffsteinen ausgebildet; die Gebirgsdurchlässigkeit ist hier vergleichsweise gering.

Die im nordwestlichen Randbereich des Reviers in einer Mächtigkeit bis zu rd. 100 m ausgebildeten Ablagerungen des Oberer Buntsandstein (Röt) sind als toniger Grundwasserstauer ausgebildet (s. Profil 2, Anl. B10.2). Ablagerungen des Muschelkalk und Keuper treten nur untergeordnet auf. Jura-Vorkommen treten nur nördlich des Reviers im Raum Wesel auf (s. Profil 2, Anl. B10.2).

Im Hangenden der triassischen Schichten folgen flächenhaft die Kreide-Ablagerungen. Während diese im Bergwerk West nur geringmächtig sind, erfolgt weiter östlich eine zunehmende Differenzierung des tiefen Grundwasserstockwerks durch den Wechsel Grundwasser führender Kreide-Schichten (Cenoman/Turon-Kalke und -Mergel, Recklinghäuser Mergel, Emscher-Grünsand, Osterfelder Sande) und Grundwasser stauender bzw. gering durchlässiger Kreide-Schichten (Emscher-Mergel, Bottroper Mergel; s. Profil 1, Anl. B10.1). Die stärkste Differenzierung mit einer weitgehend vollständig ausgebildeten Zechstein-Buntsandstein-Kreide-Folge liegt im Bereich des Bergwerks Prosper Haniel vor (s. Profil 1, Anl. B10.1).

Das Top dieses tiefen Grundwasserstockwerks bilden die weitflächig verbreiteten rd. 15 m mächtigen tertiären Walsumer Sande, in denen ein ergiebiger Porengrundwasserleiter ausgebildet ist. Dieses tiefe Grundwasserstockwerk ist insbesondere im westlichen Teil des Reviers bis in das Niveau der Walsumer Sande gekennzeichnet durch das Auftreten stark mineralisierter NaCl-Wässer. Nach Osten geht dieses stark mineralisierte Tiefenwasserstockwerk im Niveau der tertiären und kretazischen Schichten sukzessive über in das im Bereich des Bergwerks Lippe in den Reckling-

häuser Schichten und den Osterfelder Sanden ausgebildete oberflächennahe Grundwasserstockwerk. In der Übergangszone ist mit einer sukzessiven Aussüßung des Grundwassers zu rechnen.

Konkrete Erkenntnisse über die Qualität der Grundwässer und die Druckniveaus in den einzelnen Horizonten dieses komplexen Grundwasserstockwerks sowie die Lage der Salzwasser-/Süßwassergrenze lagen im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen nicht vor. Für eine entsprechende Detailbewertung sind weitergehende Untersuchungen erforderlich. Im Hinblick auf eine Bewertung möglicher Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs ist eine Erfassung der Salzwasser-/Süßwassergrenze im östlichen Randbereich der Verbreitung der Walsumer und Lintforter Schichten sowie ihrer hydrogeologischen Grundlagen erforderlich.

- der Ratinger Ton sowie die bindigen Horizonte der Lintforter Schichten als oberflächennahe Grundwasserstauer

Die Walsumer Sande werden flächenhaft von dem rd. 8 m mächtigen Ratinger Ton überlagert. Nur im südwestlichen Zipfel der Stillstandsbereiche überlagert der Ratinger Ton direkt das Karbon. Bei den im Hangenden folgenden Lintforter Schichten handelt es sich um eine Wechselfolge von Sanden mit unterschiedlichen Schluffgehalten sowie Schluffen und Tonen.

Die Lintforter Schichten erreichen eine Gesamtmächtigkeit von rd. 100 m und bilden zusammen mit dem Ratinger Ton einen flächenhaft verbreiteten, oberflächennahen Grundwasserstauer, der die stärker mineralisierten Tiefenwässer von den oberflächennahen Süßwässern trennt. Im Raum Duisburg lagern sie direkt dem Karbon auf.

Die sandigen Partien der Lintforter Schichten sind ebenfalls Grundwasser führend. Die Lintforter Schichten erstrecken sich flächenhaft über den westlichen Teil des Reviers; in östlicher Richtung streichen sie entlang der Linie Duisburg-Oberhausen-Kirchhellen-Schermbeck unter geringmächtiger Quartärüberdeckung aus.

- ein oberes Grundwasserstockwerk im Hangenden der Lintforter Schichten

Beginnend im Bereich des Bergwerks Lohberg werden die Lintforter Schichten in westlicher Richtung von quartären Rhein-Terrassen in einer mittleren Mächtigkeit von 10 bis 20 m überlagert. Im Bereich des Bergwerks West treten dann zwischen den quartären Ablagerungen und den Lintforter Schichten zunehmend sandige Ablagerungen - oligozäne Grafenberger Schichten und lokal miozäne Sande - auf. Diese erreichen im äußersten Westen eine Mächtigkeit um 50 m. Zusammen mit den quartären Terrassenablagerungen bilden sie das oberflächennahe Grundwasserstockwerk, das durch niederschlagsbürtige Süßwässer gekennzeichnet ist.

2.2.3 Abgrenzung von Hydrogeologischen Homogenbereichen

Unter Berücksichtigung der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Hauptgliederungselemente des Deckgebirges lassen sich für das Ruhrrevier im Hinblick auf die möglichen Auswirkungen eines Grubenwasseranstiegs auf die Grundwasserverhältnisse im Deckgebirge und die Wasserwirtschaft in einer ersten Näherung folgende Hydrogeologische Homogenbereiche abgrenzen (s. Anl. B14):

Hydrogeologischer Homogenbereich 1

- „Niederrhein-Gebiet“ im Verbreitungsbereich der Lintforter Schichten
- hydraulische Trennung eines unteren stark mineralisierten Aquifers in verschiedenen Ablagerungen des Buntsandsteins, der Kreide und des Tertiärs von dem oberflächennahen Süßwasser führenden Aquifer im Hangenden der gering durchlässigen Lintforter Schichten (quartäre Rhein-Terrassen, tertiäre Grafenberger Schichten);
- im nördlichen Teil zusätzlich basale Abdichtung durch Zechstein-Ablagerungen
- Gliederung in einen
 - westlichen Teil - **Hydrogeologischer Homogenbereich 1a**
mit vergleichsweise einheitlich aufgebautem tiefen Grundwasserstockwerk ohne stärkere vertikale Gliederung
 - östlichen Teil - **Hydrogeologischer Homogenbereich 1b**
mit stärkerer vertikaler Stockwerksgliederung des tiefen Grundwasserstockwerks durch Verbreitung von Emscher- und Bottroper Mergel, Übergang des oberen Grundwasserleiters (Süßwasser) aus dem „Westfälischen Raum (Osterfelder Sande, Recklinghäuser Sandmergel) in das Niveau des tiefen Grundwasserstockwerks (Salzwasser) im Niederrhein-Gebiet mit Ausbildung einer Salzwasser/Süßwassergrenze im Niveau der Recklinghäuser Sandmergel und der Osterfelder Sande (vgl. Profil 1)

Hydrogeologischer Homogenbereich 2

- Hauptbereich des „Westfälischen Raums“ im Verbreitungsbereich des Emscher-Mergel mit einer Mächtigkeit >100 m

- hydraulische Trennung des unteren stark mineralisierten Cenoman/Turon-Aquifers von dem oberflächennahen Süßwasser führenden Aquifer im Hangenden der gering durchlässigen Emscher-Mergel
- Gliederung in einen
 - westlichen Teil - **Hydrogeologischer Homogenbereich 2a**
mit vergleichsweise gering durchlässigen Cenoman/Turon-Schichten und einen
 - östlichen Teil - **Hydrogeologischer Homogenbereich 2b**
mit vergleichsweise stärker durchlässigen, weiträumig verkarsteten Cenoman/Turon-Kalken (östlich Bergwerk Haard, Oer-Erkenschwick) und zunehmend stärker geklüftetem Emscher-Mergel

Hydrogeologischer Homogenbereich 3

- Südlicher Randbereich des „Westfälischen Raums“ mit eingeschränkter hydraulischer Wirksamkeit der hydraulischen Barriere Emscher-Mergel (Mächtigkeit < 100 m) bzw. fehlendem Emscher-Mergel (Ausbisszone Cenoman/Turon-Schichten)
- Grenzbereich Salzwasser/Süßwasserzone in den Cenoman/Turon-Schichten, Salzwasserzutritte in den oberflächennahen Aquifer Emscher-Mergel

Hydrogeologischer Homogenbereich 4

- Südlicher Randbereich des Reviers ohne signifikante Deckgebirgsüberlagerung (lokal quartäre Decklehme und Talablagerungen der Ruhr)

Diese Hydrogeologischen Homogenbereiche kennzeichnen Bereiche mit vergleichbarem geologisch-hydrogeologischen Aufbau des Deckgebirges und damit vergleichbarem Einwirkungspotenzial infolge des Grubenwasseranstiegs. Diese Bereiche werden daher im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung für ein auf die speziellen Einwir-

kungspotenziale der unterschiedlichen Bereiche des Ruhrreviers angepasstes Monitoring-System zugrunde gelegt. Die Abgrenzungskriterien stellen aus der Sicht des vorliegenden Bearbeitungsstandes Annahmen dar, die im Rahmen von weiterführenden Detailbetrachtungen verifiziert werden müssen.

2.2.4 Gasvorkommen

Hinsichtlich des Primärgasdargebotes im Steinkohlengebirge lässt sich das Ruhrrevier aufgrund der unterschiedlichen postvariszischen Entwicklung nach GASCHNITZ (2001) in eine gasreiche westfälische Gaszone im Nordosten, östlich des Blumenthal-Sprunges und eine gasarme niederrheinische Gaszone im Südwesten, südwestlich des Blumenthal-Sprunges gliedern. Innerhalb der einzelnen Gaszonen sind die Flözgasvorkommen an strukturelle Hochzonen gebunden; in der niederrheinischen Gaszone an Horst-Strukturen, in der westfälischen Gaszone an Sattelstrukturen. Daraus ergibt sich auch im Hinblick auf die Ausgasungsproblematik an der Tagesoberfläche eine grundsätzliche räumliche Differenzierung hinsichtlich des Primärgasdargebotes an der Deckgebirgsbasis. Im Hinblick auf eine weitergehende Differenzierung von Ausgasungszonen sind die Deckgebirgsverhältnisse zu berücksichtigen.

Die gasreiche westfälische Gaszone ist dadurch gekennzeichnet, dass hier die Oberkreide-Ablagerungen (Emscher-Mergel) in der geologischen Entwicklung des Gebietes immer eine dichtende Deckschicht bildeten, unter der sich die im Karbon aufsteigenden Gase postkretazisch ansammelten. Das Steinkohlengebirge weist hier natürlicherweise bis in einen Teufenbereich von 150 m unterhalb der Karbon-

oberfläche eine Gasakkumulation auf. Dies hat auch zu einer verstärkten Gasführung des Deckgebirges in der westfälischen Gaszone geführt (u.a. auch im Münsterland).

Die Gasvorkommen im Deckgebirge sind nach GASCHNITZ (2001) zumeist klein und an Störungen gebunden, die sich in das Deckgebirge fortsetzen. Überwiegend treten die Gasvorkommen in stärker geklüfteten und z.T. verkarsteten Kalksteinhorizonten des Cenoman und Turon auf, deren Verbreitung typisch ist für den östlichen Teil des Reviers (Hydrogeologischer Homogenbereich 2b, s. Kap. 2.2.3). Die Gasausbrüche aus den Turon-Kalksteinen zeichnen sich nach LOMMERZHEIM (1994) zumeist durch hohe Lagerstättendrücke und eine kurze Entgasungsdauer (geringes Speichervolumen) aus. Lokal wurde im Münsterland (im Raum Lüdinghausen-Drensteinfurt) aus solchen Vorkommen aber auch über mehrere Jahrzehnte Erdgas gewonnen (LOMMERZHEIM, 1994).

In der niederrheinischen Gaszone konnte das im Karbon aufsteigende Gas aufgrund der unterschiedlichen tektonischen Entwicklung (u.a. tertiäre Bruchtektonik mit Einsenkung der Niederrheinischen Bucht) in der Entwicklungsgeschichte dieser Region stärker in die Atmosphäre entweichen. Das Grubengasangebot ist daher hier natürlicherweise geringer als im östlichen Teil des Reviers.

Eine Detailbetrachtung der Gasproblematik im Hinblick auf den Grubenwasseranstieg insbesondere auch unter Berücksichtigung der Einwirkungen des Steinkohlenbergbaus auf die Mobilisation und Migration von Gasvorkommen erfolgt in Kap. 3.2.

3 Bergbauliche Einflussfaktoren

3.1 Grubenwasser

Im Hinblick auf die Bewertung der möglichen Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs in das Deckgebirgsniveau ist neben den zusitzenden Grubenwassermengen insbesondere auch die Qualität der in den einzelnen Bereichen zusitzenden Grubenwässer von entscheidender Bedeutung. Darüber hinaus sind die Grubenwasserqualitäten auch im Hinblick auf die Bewertung der Belastungssituation in den Vorflutern, in die die gehobenen Grubenwässer eingeleitet werden, wichtig.

Im Folgenden ist als Grundlage für die weitergehende Bewertung ein Überblick über die räumliche Zonierung der heute in den Wasserhaltungen des Ruhrreviers zusitzenden Grubenwasserqualitäten gegeben.

3.1.1 Grubenwasserzonen

Im Hinblick auf die Menge und die Qualität der den Steinkohlengruben zutretenden Wässer unterscheiden HAHNE & SCHMIDT (1982) grundsätzlich folgende drei Zonen (Abb. B13):

Zone A

- Südliches Ruhrgebiet, Bereiche ohne Deckgebirge mit aufgelockertem Steinkohlengebirge
- Niederschlags-bedingte und -abhängige Grubenwasserzuflüsse (bis zu 40 m³/min)
- HCO₃- und SO₄-Wässer (Pyritoxidation)

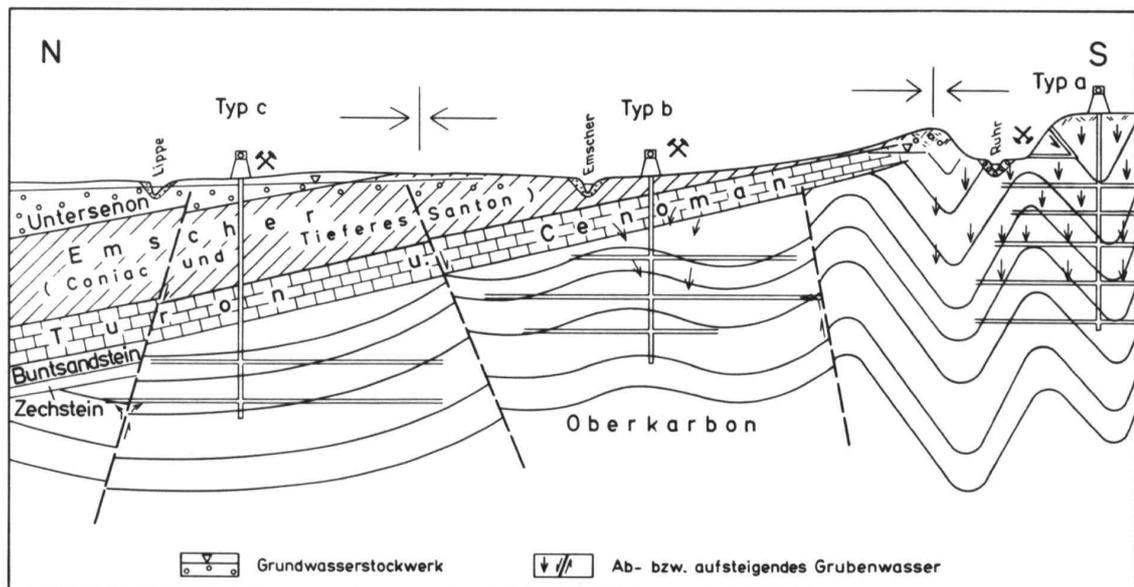


Abb. B13: Grubenwasserzonen nach HAHNE & SCHMIDT (1982)

Zone B

- mittleres Revier mit geringmächtiger Kreideüberdeckung (Deckgebirgsüberlagerung bis 400 m) bis in Höhe der Emscher Mulde
- Wasserzuflüsse mit verzögerter Niederschlagsabhängigkeit;
Grubenwasserzuflüsse 0,5 bis zu 10 m³/min; stark mineralisierte Mischwässer
- z.T. Zuflüsse aus tieferen Cenoman/Turon-Schichten

Zone C

- nördliches Revier mit mächtiger Kreideüberdeckung (Deckgebirgsmächtigkeit > 400 m)
- kein direkter Oberflächenwasserzufluss
- Zuflüsse aus Steinkohleberge und selten aus tieferem, durch Abbaueinwirkung aufgelockertem Deckgebirge über tektonische Störungen
- wechselnde insgesamt geringe Grubenwasserzuflüsse bis rd. 1 m³/min, NaCl-Wässer mit Temperaturen bis zu 60 °C (z.B. Blumenthal-Sprung)

Mit zunehmender Teufe und abnehmendem Anteil an niederschlagsbürtigem Grundwasser nimmt die Mineralisation der in den Steinkohlengruben zuzitenden Wässer von Südosten nach Nordwesten generell zu. Die von WEDEWARDT (1995) auf den aktiven Bergwerken im Norden des Reviers entnommenen Grubenwasserproben wiesen im Allgemeinen elektrische Leitfähigkeiten zwischen 100.000 und 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf. Die Genese der aus dem Karbon zutretenden hochsalinen Grubenwässer erklärt WEDEWARDT (1995) durch Auslaugungsvorgänge des Zechstein-Salinars. Die Sulfat-Gehalte sind starken Schwankungen unterworfen und werden im Wesentlichen von der Pyritoxidation oder durch bakterielle Reduktion gesteuert.

Nach JÄGER ET AL. (1990) treten maximale Sulfat-Konzentrationen bis zu 5.000 mg/l in einem Teufenniveau zwischen -500 und -800 mNHN auf.

3.1.2 Bergbauliche Wasserhaltung

Neben der generalisierten Zonierung der Grubenwasserqualitäten im Ruhrrevier geben insbesondere die Analysen der im Rahmen der zentralen Wasserhaltung gehobenen Wässer einen wichtigen Überblick über die Qualität und die Mengen der heute im Steinkohlengebirge zuzitenden Grubenwässer.

- Fördermengen, Wasserhaltungsniveaus

Nach dem Grubenwasserbericht DSK-Ruhr 2005 (DSK, 04.2006) wurden im Jahre 2005 insgesamt 89,5 Mio. m^3 (170,3 m^3/min) Grubenwasser gehoben. Im Zeitraum von 1996 bis 2005 schwankten die Gesamthebungsmengen im Allgemeinen zwischen

rd. 90 und 100 Mio. m³/a. Die Verteilung der an den einzelnen Standorten der zentralen Wasserhaltung bzw. den aktiven Bergwerken gehobenen Grubenwassermengen für das Jahr 2005 ist in Anl. B15 dargestellt. Die zentrale Wasserhaltung Hansa wurde im März 2007 wieder in Betrieb genommen (Fördermenge rd. 2 m³/min \approx 1 Mio. m³/a); das Wasserhaltungsniveau wurde hier auf ein Niveau von -601 mNHN angehoben.

Der überwiegende Anteil des Wasserhaltung entfällt mit 64,7 Mio. m³ (123,1 m³/min in 2005) auf die Zentrale Wasserhaltung im Stilllegungsbereich (einschließlich 11,2 Mio. m³ aus dem Stilllegungsbereich Gneisenau, die über das Bergwerk Ost am Standort Haus Aden gehoben werden).

Die Wasserhaltungsniveaus in den einzelnen Wasserprovinzen der Zentralen Wasserhaltung werden bestimmt von der Höhenlage von Annäherungsstellen bzw. Verbindungsstrecken zu benachbarten Gruben („Schutzziele“). Einen Überblick über die Wasserhaltungsniveaus und die Schutzziele gibt Anl. B15. Die einzelnen Wasserprovinzen sind gegliedert in Teilprovinzen mit sehr unterschiedlichen Anstiegsniveaus (z.B. Wasserprovinz Carolinenglück: -915 bis -457 mNHN). Darüber hinaus ist damit zu rechnen, dass in hydraulisch eigenständigen Teilbereichen das Grubenwasser bereits deutlich höher, örtlich auch bis zum natürlichen Vorflutniveau angestiegen ist.

- Grubenwasserqualität

Qualität und Menge der gehobenen Grubenwässer hängen sehr stark von der Lage der einzelnen Wasserhaltungsbereiche in den einzelnen nach HAHNE & SCHMIDT (1982) grob ausgehaltenen Zonen A bis C sowie den Wasserhaltungsniveaus ab.

Im Hinblick auf einen generellen Überblick über die Qualität der derzeit zutretenden Grubenwässer wurden seitens der DSK Analysen von den Standorten der zentralen Wasserhaltung aus den Jahren 2005 und 2006 zur Verfügung gestellt. Anl. B15 gibt einen entsprechenden Überblick über die Qualität der in den einzelnen Wasserprovinzen zutretenden Grubenwässer.

Die stärksten Wasserzuflüsse mit der geringsten Mineralisation treten im südlichen Randbereich des Reviers auf, wo die Zuflüsse sehr stark von den Niederschlägen abhängig sind. Vergleichsweise gering mineralisierte Grubenwässer mit elektrischen Leitfähigkeiten zwischen 2.000 und 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ werden in den Wasserprovinzen Heinrich, Friedlicher Nachbar und Robert Müser gehoben, wo insgesamt auch die größten Wassermengen zutreten (15,7 bis 34,4 m^3/min). Die vergleichsweise gute Wasserqualität spiegelt den großen Anteil an Niederschlagswasser wider; die Sulfat-Belastung bleibt bei Gehalten unterhalb 400 mg/l. Die zentrale Wasserhaltung Heinrich dient offiziell auch als Notwasserversorgung der Stadt Essen.

Bei der Bewertung der Wasserqualitäten der zentralen Wasserhaltung ist zu berücksichtigen, dass es sich um Mischwässer aus unterschiedlichen Teufenstufen handelt. Grundsätzlich können in den einzelnen Teilprovinzen sehr unterschiedliche Grubenwasserqualitäten vorliegen. Dies ist auch im Hinblick auf die Entwicklung des Grubenwasserchemismus im Rahmen des Grubenwasseranstiegs und die Bewertung der möglichen Auswirkungen von großer Bedeutung.

Konkrete Angaben der DSK zur Qualität der aus den aktiven Bergwerken gehobenen Grubenwässer lagen bei Redaktionsschluss (31.03.2007) nicht vor. Nach FUCHS (2006) betragen die Chlorid-Gehalte der Grubenwässer auf den aktiven Bergwerken 2005 zwischen 7.000 und 65.000 mg/l. Im Allgemeinen kann von elektrischen Leitfä-

higkeiten der gehobenen Grubenwässer deutlich $> 30.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ bis über $100.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ausgegangen werden (vgl. Anl. B15, Ausnahme Haus Aden, Wasserhaltung im westlichen Teil des Bergwerk Ost: rd. $20.000 \mu\text{S}/\text{cm}$). Im Bereich des Blumenthal-Sprunges treten auf der Zeche Auguste Victoria Solen mit Temperaturen von bis zu rd. $60 \text{ }^\circ\text{C}$ auf; auf Haus Aden werden Grubenwässer mit Temperaturen um $38 \text{ }^\circ\text{C}$ gehoben (MGG, 08.03.2007).

- Einleitung in die Vorfluter

Die aktiven Bergwerke leiten derzeit das gehobene Grubenwasser in Rhein, Emscher und Lippe bzw. deren kleinere tributäre Zuflüsse ein (Anl. B16); die Sumpfungswässer der Zentralen Wasserhaltung (ohne Stilllegungsbereich Gneisenau - Bergwerk Ost) werden in Emscher und Ruhr abgeleitet. Die Lage der einzelnen Einleitstellen mit einer entsprechenden Zuordnung der Wasserprovinzen zu den jeweiligen Vorflutern ist in Anl. B16 dargestellt. Der überwiegende Anteil der insgesamt gehobenen Grubenwässer wird danach aus dem Bereich der zentralen Wasserhaltung (Heinrich, Friedlicher Nachbar, Robert Müser) zwischen Bochum und Essen in die Ruhr eingeleitet (rd. $36,3 \text{ Mio. m}^3$ im Jahr 2005 entsprechend rd. 40% der Gesamthebungsmenge).

Die Hauptbelastung der Vorfluter durch die Grubenwassereinleitungen ist bedingt durch die hohen Salzfrachten (Chlorid, Sulfat) und die z.T. erhöhten Temperaturen. Die Haupt-Chloridfrachten verteilen sich nach FUCHS (2006) mit Beträgen zwischen $7,8$ und $9,7 \text{ kg/s}$ auf Lippe, Emscher und Rhein. Die in die Ruhr eingeleiteten Chlorid-Frachten sind dagegen mit $0,8 \text{ kg/s}$ vergleichsweise gering.

Tab. B1: Chlorid-Fracht der Grubenwassereinleitung 2005 (nach FUCHS, 2006)

	Einleitmenge [Mio. m ³ /a]	Chlorid-Fracht [kg/s]
Lippe	19,3	9,7
Emscher	22,9	7,8
Ruhr	36,3	0,8
Rhein	11,0	7,1
Summe	89,5	25,4

Die insgesamt in den Rhein eingeleitete Chlorid-Fracht summiert sich damit für das Jahr 2005 auf einen Betrag von rd. 25,4 kg/s. Seit etwa 2000 (Chlorid-Fracht rd. 40 kg/s) erfolgte ein kontinuierlicher Rückgang.

Darüber hinaus sind **Barium- und Eisen**-Gehalte als Belastungs-kritische Parameter zu betrachten, die bei der Einleitung in den Vorfluter zum Teil ausfallen. Im Zusammenhang mit der Einleitung Barium- und Strontium-belasteter Grubenwässer wird auch auf die Problematik von **Radionukliden** hingewiesen. Insbesondere in den Wässern der Bergwerke Auguste Victoria und West (Zeche Rossenray) wurden in der Vergangenheit erhöhte Aktivitätskonzentrationen mit Maximalwerten von bis zu 0,163 Bq/l festgestellt (SCHMID, 2001). In der Lippe und der Fossa-Eugeniana sind die Konzentrationen deutlich geringer (0,02 bzw. 0,03 Bq/l, im Gegensatz zu unbelasteten Proben um das 5- bis 7,5-fache erhöht), was zum einen auf Verdünnungseffekte und zum anderen auf Ausfällungen von Radium als Radiobaryt ((Ba,Ra) SO₄) zurückzuführen ist. Ein Großteil der Radionuklidfracht lagert sich in den Flusssedimenten ab; die Aktivitätskonzentrationen in den Sedimenten nehmen mit der Entfernung zur Einleitstelle ab. Problematisch ist die Belastung der Flusssedimente allerdings nach SCHMID (2001) nur, wenn das Material ausgebaggert und auf Nutzflächen aufgebracht wird bzw. im Zusammenhang mit Überschwemmungen. Darüber hinaus sind

aber im Wasser auch über große Entfernungen deutliche ²²⁶Radium-Belastungen durch den Steinkohlenbergbau nachweisbar. Einwirkungen auf Flora und Fauna wurden nach SCHMID (2001) nicht festgestellt.

Auf den Bergwerken West und Ost (Haus Aden) werden untertägige Ausfällanlagen für Eisen betrieben. Eine Eisen- und Bariumfällungsanlage soll auf der Schachanlage Auguste Victoria Ende 2007 in Betrieb genommen werden. Am Standort Concordia der Zentralen Wasserhaltung wird bereits eine entsprechende Pilotanlage betrieben. Anhand dieser Maßnahmen kann der Barium-Eintrag in den Vorfluter und auch die Belastung mit Radionukliden erheblich reduziert werden.

Die Barium/Radionuklid-Problematik ist im Wesentlichen an den durch Tiefenwasserzutritte dominierten nördlichen Teil des Reviers gebunden und bildet insbesondere im Zusammenhang mit der Wasserhaltung ein Problem für den Vorfluter. Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs wird sich diese Problematik durch das Zurückdrängen des Tiefenwasseraufstiegs an Störungszonen mit dem steigendem Wasserdruck im Grubengebäude und der Vermischung der Tiefenwässer mit den stärker Sulfat-haltigen Wässern der südlichen Wasserprovinzen insgesamt erheblich reduzieren. Für eine detaillierte Prognose ist eine Detailbetrachtung der hydraulischen und hydrochemischen Prozesse erforderlich.

Die in 2001 in Nordrhein-Westfalen erlassene Gewässerqualitätsverordnung gab erstmals immissionsbezogene Zielwerte u.a. für PCB-Einzelisomere an Schwebstoffen im Gewässer vor. Daraufhin wurde in den Jahren 2002 und 2003 ein Sonderuntersuchungsprogramm durch das damalige Landesumweltamt im Auftrag des MUNLV NRW durchgeführt. In den Gewässern Ruhr, Emscher und Lippe wurden dabei punktuelle Überschreitungen der Zielwerte für PCB ermittelt. Im Rahmen der weiteren

Ursachenrecherche wurden dann in Zusammenarbeit den damaligen staatlichen Umweltämtern, der Bezirksregierung Arnsberg, des damaligen Landesumweltamtes und der Deutschen Steinkohle AG auch Feststoffe von Grubenwässern aktiver und stillgelegter Bergwerke an insgesamt acht Grubenwassereinleitungen auf PCB untersucht. Hiervon lagen fünf im Einzugsgebiet der Emscher (Carolinenglück, Amalie, Franz Haniel, Westerholt und Zollverein) und weitere drei im Einzugsbereich der Ruhr (Friedlicher Nachbar, Robert Müser und Heinrich). Die auf Basis der in den Schwebstoffen der Grubenwässer bestimmten PCB-Gehalte ermittelten Jahresfrachten zeigten jedoch, dass die in den Gewässern gemessenen Qualitätszielüberschreitungen nicht durch bergbauliche Einleitungen verursacht waren. Folgeuntersuchungen in 2004 und 2005 im Einzugsgebiet der Lippe und des Rheins ergaben im Bereich der Fossa Eugenia PCB-Belastungen in Grubenwässern des Bergwerks West, die temporär für eine Überschreitung der Qualitätsziele im Gewässer verantwortlich waren (BZR Düsseldorf, 13.12.2004).

Im Dezember 2004 wurde unter Federführung der Bezirksregierung Düsseldorf ein Arbeitskreis gebildet, der sich intensiv mit der weiteren Aufklärung und vor allem der Verbesserung der Situation befasste. Durch verschiedene Maßnahmen sowohl unter als auch über Tage konnten die PCB-Konzentrationen im Grubenwasser soweit reduziert werden, dass das Gewässerqualitätsziel weitgehend erreicht wurde. Bestehende Messprogramme werden durch die DSK (unter Tage) und die LINEG (über Tage) fortgeführt.

Dieses Vorkommnis zeigt, dass auch im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstieg grundsätzlich lokal mit dem Auftreten von PCB-Belastungen (bzw. PCB-Ersatzstoffen - „Ugilec“) gerechnet werden muss.

Im deutschen Steinkohlenbergbau wurden seit Ende der 60'er Jahre des vorigen Jahrhunderts bis 1985 aufgrund behördlicher Auflagen in größerem Maßstab schwer entflammbare Hydraulikflüssigkeiten der Gruppe HFD (PCB-haltig) eingesetzt. In den entsprechenden Abbaubereichen ist daher grundsätzlich eine Belastung der Grubenwässer durch Verluste dieser Betriebsstoffe nicht auszuschließen. Diesen Verhältnissen ist insbesondere auch im Rahmen des Grubenwasseranstiegs durch ein entsprechend angepasstes Monitoring Rechnung zu tragen. Zur Zeit werden seitens der DSK aufgrund behördlicher Vorgaben die Grubenwässer der Standorte Walsum, Voerde und Zollverein halbjährlich auf PCB untersucht.

Weiterhin sind auch die **Sulfid-Gehalte** der in die Vorfluter einzuleitenden Grubenwässer insbesondere im Bereich der zentralen Wasserhaltungen zu bewerten. Im Einleitungsbereich können erhöhte Sulfid-Gehalte zu Ausfällungen, Geruchsbelästigungen und zu einer Belastung des Sauerstoffhaushaltes der Gewässer führen (z.B. Einleitstelle Robert Müser).

Im Zuge des Grubenwasseranstiegs sind darüber hinaus auch mögliche Einwirkungen eines Einstaus von Fremdversatzbereichen (z.B. auf Walsum, Zollverein) auf die Qualität der Grubenwässer zu berücksichtigen. Die Randbedingungen für das sichere Einbringen von Fremdversatz wurden im Detail durch JÄGER ET AL. (1990) untersucht. Der Einstau solcher Bereiche ist durch eine auf die speziellen Inhaltsstoffe der jeweiligen Fremdversatzbereiche angepasstes hydrochemisches Monitoring zu überwachen.

3.1.3 Wasseraustritte im Vorflutniveau

In Teilbereichen des Altbergbaus ist das Grubenwasser bereits wieder bis in das natürliche Vorflutniveau angestiegen - z.B. Höntrop (TABERG PLANUNGSBÜRO GMBH, 25.01.2001), Wittener Mulde (OBERSTE-BRINK, 1940). Alte Wasserlösungsstollen in der Wittener Mulde führen Wasser zum Ruhrtal ab. So zeichnet sich z.B. heute der St. Johannes Erbstollen im Muttental durch einen starken Zulauf Eisen-haltiger Wasser aus (Abb. B14).

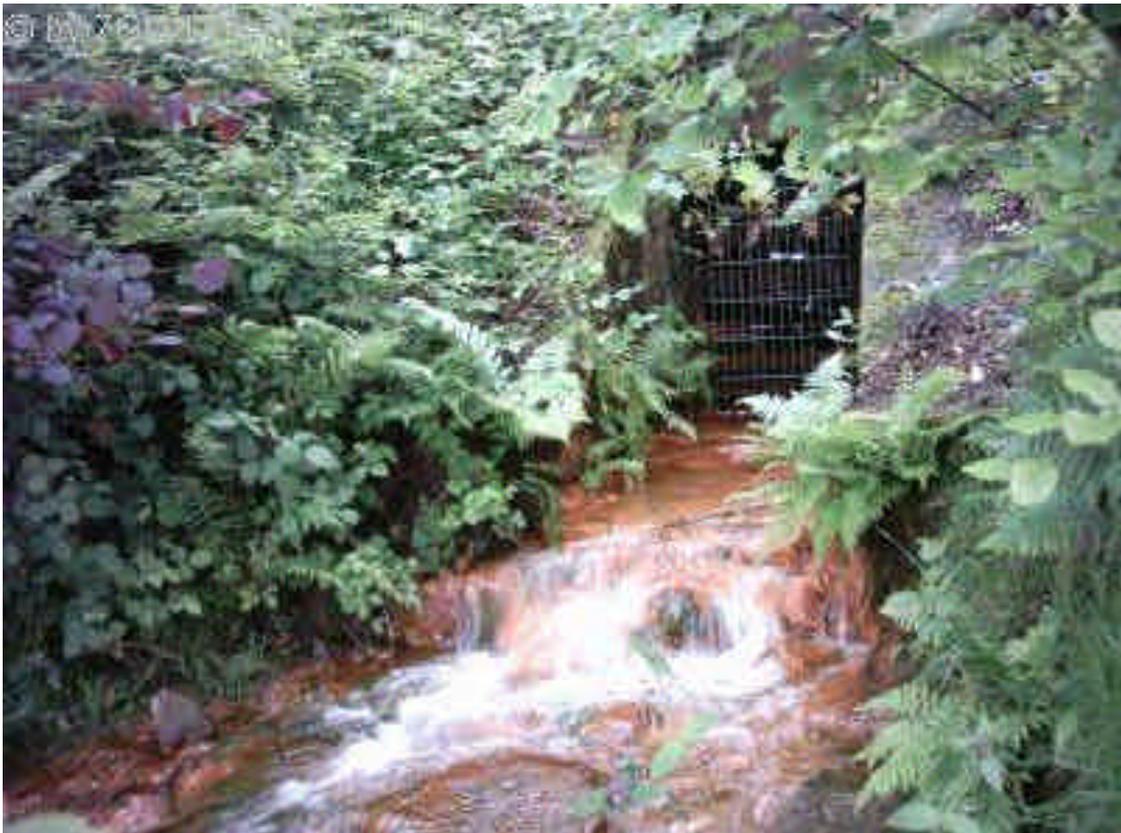


Abb. B14: Wasseraustritte am St. Johannes Erbstollen im Muttental – Wittener Mulde (Quelle: www.7grad.org, 2007)

Über die Mengen und Qualität dieser Wasseraustritte liegen derzeit keine konkreten Erkenntnisse vor. Die von WEDEWARDT (1995) an drei Stollen im Ruhr-Tal entnommenen Wasserproben weisen elektrische Leitfähigkeiten zwischen 366 und 919 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf, bei Fe-Gehalten zwischen $< 0,1$ und $6,0 \text{ mg/l}$ sowie SO_4^{2-} -Gehalten zwischen 53 und 272 mg/l . Signifikante Einwirkungen auf die Wassergewinnung im Ruhrtal durch die bergbauliche Wasserhaltung sind bisher offensichtlich nicht gegeben (vgl. Kap. 3.1.2).

Im Hinblick auf die Bewertung der möglichen Folgen eines flächenhaften Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier ist eine Bestandsaufnahme und Detailbewertung der bergbaulich-geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse der Stilllegungsbereiche innerhalb und außerhalb des Einflussbereiches der zentralen Wasserhaltung unbedingt erforderlich.

3.2 Grubengas

3.2.1 Allgemeines

Nach Stilllegung der Steinkohlenbergwerke und Einstellung von Bewetterung und Gasabsaugung geben die im Gebirge verbleibenden Steinkohlen weiterhin Methan ab. Nach dem Abklingen der bergbaulichen Bodensenkungen nimmt die Ausgasung dabei sukzessive bis auf einen Restanteil ab, sofern die Abbaubereiche nicht zwischenzeitlich geflutet wurden. Für die zeitliche Entwicklung des Ausgasungsmengen wird von STAMER & EICKER (1991) eine Halbwertszeit von 10 bis 15 Jahren angesetzt; sie kann lokal auch deutlich länger sein. Der Gasdruck innerhalb eines Stilllegungsbereiches

steigt nach Abschaltung der Gasabsaugung zunächst stetig an und entwickelt eine deutliche Abhängigkeit vom atmosphärischen Luftdruck. Das Restgas kann über Schächte oder das Kluftsystem bzw. Störungen im Steinkohlen- bzw. Deckgebirge an die Tagesoberfläche gelangen.

Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs wird das in den bergbaulichen Hohlräumen angesammelte Grubengas sukzessive verdrängt; der Gasdruck steigt dabei an. Sobald der Wasserdruck höher wird als der Restgasdruck im Gebirge wird die Entgasung unterbrochen. Durch den Grubenwasseranstieg kann somit die Restausgasung insgesamt erheblich reduziert werden.

Erkenntnisse über die langfristige Entwicklung der Methan-Ausgasung in gefluteten Gruben liegen bisher nicht vor. In Abhängigkeit vom Wasserdruck kann Methan gegebenenfalls auch im Wasser in Lösung gehen und auf diesem Wege weiterhin zur Tagesoberfläche entgasen. Darüber hinaus zeigen Untersuchungen von THIELEMANN et al. (2004), dass in den gefluteten Gruben auch mit einer rezenten Methanbildung durch Archaeabakterien gerechnet werden muss; eine Quantifizierung dieser Vorgänge ist bisher nicht möglich.

Gasaustritte erfolgen an der Tagesoberfläche in der Regel flächenhaft diffus oder linienhaft entlang von Auflockerungszonen. Darüber hinaus muss grundsätzlich im Bereich von Schächten mit Ausgasungen gerechnet werden. Dort wo sich die im allgemeinen diffusen Methangasaustritte in Gebäuden oder unterirdischen Hohlräumen, wie z.B. Kellerräumen oder Kanalleitungen, ansammeln, stellen sie allerdings eine erhebliche Explosionsgefahr dar (Explosibilität in Abhängigkeit vom Sauerstoff-Gehalt bei Methan-Gehalten zwischen 4,4 und 16,5 Vol.-% gegeben); beispielhaft hierfür steht eine in Bochum-Langendreer aufgetretene Kellerexplosion.

3.2.2 Zonierungsmodelle

Nach HOLLMANN (2001) sind im Ruhrgebiet Methan-Zuströmungen aus dem Deckgebirge der Oberkreide seit 1859 und an der Geländeoberfläche seit 1924 bekannt. Nach EDELHOFF-DAUBEN (2001) wurden im Ruhrgebiet in bebauten Bereichen bei der Überprüfung des Fern- oder Stadtgasnetzes in den letzten Jahren vermehrt Methanaustritte aus dem anstehenden Steinkohlegebirge festgestellt. HOLLMANN (2001) weist auf den Zusammenhang zwischen Einstellung von Grubenbewetterungen und Methan-Zuströmungen bei Wohnbebauungsgebieten hin.

Zur räumlichen Abgrenzung der Grubengasproblematik wurde von HOLLMANN (u.a. 2001) auf der Grundlage von rd. 175 bekannten Methan-Zuströmungen mit Gehalten > 1 Vol.-% CH_4 sowie weiteren seit 1980 beobachteten Methan-Zuströmungen mit Gehalten < 1 Vol.-% CH_4 eine Hüllkurve der CH_4 -Zuströmungen angegeben (s. Anl. B17). EDELHOFF-DAUBEN (2001) ergänzt im Wesentlichen die Darstellung von HOLLMANN auf der Grundlage von rd. 270 im DMT-Archiv dokumentierten Gasaustrittsstellen (s. Tab. B2) um eine Zonierung, die die unterschiedliche Deckgebirgsausbildung berücksichtigt (u.a. „Gebiete mit ausschließlich quartärer Überdeckung“ bzw. „Gebiete mit Kreide-Überdeckung $<$ bzw. > 200 m“, s. Anl. B17).

Verstärkte Methan-Zuströmungen treten danach im südlichen Randbereich des Reviers, im Bereich der Städte Bochum und Dortmund (Zone II und III nach EDELHOFF-DAUBEN, 2001) sowie im östlichen Teil des Reviers im Bereich der Städte Ahlen, Hamm, Werne, Bergkamen und Kamen (Zone IV nach EDELHOFF-DAUBEN, 2001) auf. Darüber hinaus liegen aber auch zahlreiche Beobachtungen von tagesnahen Ausgasungen und Methan-Zuströmungen in Tiefbohrungen aus dem Bereich des Münsterlandes, nördlich des durch den Steinkohlenbergbau beeinflussten Gebietes vor.

Tab. B2: Gaszuströmungen nach Edelhoff-Dauben (2001)

Vorläufige Statistik zu Methanaustrittslokalitäten im Niederrheinisch - Westfälischen Steinkohlengebiet								
Bereich / Stadt	Tiefb.	Schacht	GWM	BGB	Bau- grube	Kana- lisation	Erd- oberfl.	Summe
Münsterland	170	1	3				2	176
Ahlen	5	1					2	8
Hamm	1	1	3	3	2	4	17	31
Werne						1	2	3
Bergkamen			1	2	2		13	18
Kamen			1				2	3
Lünan		1						1
Kreis Recklinghausen		3	1					4
Gelsenkirchen		2	1					3
Dortmund		3	2	4			8	17
Bochum			1	2			4	7
Summe	176	12	13	11	4	5	50	271
Tiefb.: Tiefbohrung GWM: Grundwassermessstelle BGB: Baugrunderkundungsbohrungen								

Nur vereinzelt liegen Beobachtungen von Gaszutritten auch aus dem zentralen Teil des Ruhrreviers (Gelsenkirchen, Recklinghausen, Lünen, s. Tab. 1; westlicher Teil der Zone IV nach EDELHOFF-DAUBEN, 2001) vor. So ist z.B. auch eine Gasführung der Cenoman/Turon-Schichten aus dem Bereich des ehemaligen Bergwerks Em-scher/Lippe bekannt. Für den westlichen Teil des Reviers liegen keine Hinweise auf Methan-Zuströmungen vor (Zone I nach EDELHOFF-DAUBEN, 2001).

Hinsichtlich des Primärgasdargebotes im Steinkohlengebirge wird auf die in Kap. 2.2.4 nach GASCHNITZ (2001) beschriebene Unterteilung des Ruhrreviers in eine westfälische und eine niederrheinische Gaszone verwiesen. Im Hinblick auf eine weitergehende Differenzierung von Ausgasungszonen sind die Deckgebirgsverhältnisse zu berücksichtigen.

Die im Hinblick auf das Verständnis der Methan-Zuströmungen relevanten geologisch-hydrogeologischen und bergbaulichen Faktoren in den oben dargestellten Zo-

nen werden im Folgenden auf der Grundlage der in Kap. 2.2.3 ausgewiesenen Hydrogeologischen Homogenbereiche (Anl. B17) und der Zonierung von EDELHOFF-DAUBEN (2001) zusammenfassend dargestellt.

3.2.3 Geologisch-hydrogeologische und bergbauliche Grundlagen der Ausgasung

-Zone IV nach EDELHOFF-DAUBEN (2001)

Die Zone IV nach EDELHOFF-DAUBEN (2001) umfasst im Wesentlichen den Hydrogeologischen Homogenbereich 2 im Verbreitungsgebiet der gasreichen **westfälischen Gaszone** nach GASCHNITZ (2001), östlich des Blumenthal-Sprunges sowie im Südwesten einen Übergangsbereich zur niederrheinischen Gaszone bis in den Bereich des Dorstener Horstes.

Der als Cap-Rock dieser Gasvorkommen fungierende Emscher-Mergel ist nach HOLLMANN (2001) im mittleren Ruhrrevier auch unter extremer Abbaueinwirkung als undurchlässig zu betrachten. JÄGER ET AL. (1990) weisen dagegen darauf hin, dass auch im Bereich des Emscher-Mergel örtlich und zeitlich begrenzt durch Abbaueinwirkungen Wegsamkeiten entlang von Störungszonen oder bergbaulichen Abrissen entstehen können (z.B. vereinzelte Gaszutritte im Deckgebirge in Gelsenkirchen und Recklinghausen, u.a. am Blumenthal-Sprung; s. Tab. B2). Dies kann zumindest bei Abbaueinwirkung unter den in Kap. 3.2.1 beschriebenen Randbedingungen lokal auch zu Gasaustritten an der Geländeoberfläche führen.

Verstärkte vertikale Gaszuströmungen treten entsprechend den Darstellungen von HOLLMANN (2001) und EDELHOFF-DAUBEN (2001) insbesondere im östlichen Teil

des Reviers auf, wo sowohl die basalen z.T. verkarsteten Kalke als Gasspeicher als auch der Emscher-Mergel als dichtendes Element eine größere Klüftigkeit aufweisen (Hydrogeologischer Homogenbereich 2b, Anl. B17). Die petrofaziellen Unterschiede in der Deckgebirgsausbildung können nach dem derzeitigen Kenntnisstand als eine wichtige Ursache für das schwerpunktmäßige Auftreten von Methan-Zuströmungen im östlichen Teil der westfälischen Gaszone (östlicher Teil der Zone IV nach EDELHOFF-DAUBEN, 2001) angesehen werden. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wird daher der **Hydrogeologische Homogenbereich 2b als Zone mit verstärkter Gasproblematik** bewertet.

Da die Oberkreide-Ablagerungen hier selbst in stärkerem Umfang Gas führend sind, muss es sich bei den oberflächennahen Gasaustritten nicht um Gaszutritte direkt aus dem Karbon handeln (vgl. Kap. 2.2.4). Vielmehr können hier auch die Oberkreide-Gase durch Abbaueinwirkungen mobilisiert worden sein. Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs ist daher für diesen Bereich zu klären, welchen Einfluss der Anstieg des Gasdruckes im Karbon tatsächlich auf die Gasmigration im Deckgebirge hat.

Der westliche Teil der Zone IV nach EDELHOFF-DAUBEN (2001) leitet über in die gasarme niederrheinische Gaszone mit einer stärkeren Abdichtungswirkung des überlagernden Emscher-Mergels (s.o.). Westlich des Blumenthal-Sprunges ist daher mit einer sukzessiven Abnahme der Ausgasungsproblematik zu rechnen. Methan-Zuströmungen wurden hier nur sporadisch beobachtet (nach Auskunft der Bergverwaltung Recklinghausen u.a. auch am Blumenthal-Sprung).

Da die westliche Grenze der Zone IV nach EDELHOFF-DAUBEN (2001) nur empirisch festgelegt wurde und sich zunächst die der Ausgasung zugrunde liegenden geologisch-hydrogeologischen und bergbaulichen Verhältnisse an dieser Grenze nicht

grundlegend ändern, wird im Rahmen der vorliegenden Betrachtungen auch unter Berücksichtigung ungünstiger Randbedingungen der gesamte **Hydrogeologische Homogenbereich 2a als Zone mit lokaler Gasproblematik** betrachtet.

Konkrete Untersuchungen zum Ausgasungsgeschehen im Bereich eines stillgelegten Bergwerks im Rahmen des Grubenwasseranstiegs wurden für das im östlichen Randbereich des Reviers gelegene Bergwerk Westfalen durch die DMT durchgeführt (DMT, 2003). Dabei zeigten sich im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstieg vor und nach Inbetriebnahme einer Gasabsaugung zur Verwertung nur punktuelle Gasaustritte in zumeist niedrigen Konzentrationen, was auf die gute abdichtende Wirkung der Deckgebirgsschichten zurückgeführt wurde. Vergleichswerte für den Zeitraum vor der Stilllegung lagen allerdings nicht vor.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass auch in einem durch verstärkte starke Gaszuströmungen gekennzeichneten Bereich wie dem östlichen Ruhrrevier im Rahmen des Grubenwasseranstiegs insbesondere unter Berücksichtigung einer aktiven Gasabsaugung nicht zwangsläufig schädliche Gaszuströmungen an der Tagesoberfläche auftreten müssen.

-Zone III nach EDELHOFF-DAUBEN (2001)

Das an der Deckgebirgsbasis im Liegenden des Emscher-Mergel anfallende Gas strömt in den klüftigen Cenoman/Turon-Schichten aufwärts nach Süden. Am Südrand der Kreidebedeckung, im Ausbissbereich der Cenoman/Turon-Schichten sowie der oberen klüftigen Emscher-Mergel - Hydrogeologischer Homogenbereich 3 (s. Anl. B14) - kann es über Klüfte, Störungen oder bergbaulich bedingte Auflocke-

rungszonen bevorzugt an der Tagesoberfläche austreten. Darüber hinaus ist hier aber vor allem von einem verstärkten direkten vertikalen Gasstrom über die klüftigen Kalk- und Mergelsteine des Cenoman/Turon sowie auch des Coniac/Santon (Emscher-Mergel) aus dem unmittelbar unterlagernden, weiterhin entwässerten Steinkohlengebirge zu rechnen.

Die nördliche Grenze dieser Zone III setzt EDELHOFF-DAUBEN (2001) bei einer Deckgebirgsmächtigkeit von 200 m an. Nach den in Kap. 2.2 beschriebenen hydrogeologischen Verhältnissen entspricht der bei EDELHOFF-DAUBEN (2001) dargestellte Verlauf dieser Grenzlinie etwa dem Verlauf der 100 m-Isopache des Emscher-Mergel (nördliche Grenzlinie des Hydrogeologischen Homogenbereiches 3). Bei einer Mächtigkeit > 100 m kann der Emscher-Mergel als hydraulische Barriere betrachtet werden, was auch eine entsprechend geringe Gaswegsamkeit zur Folge haben wird.

Die bei HOLLMANN (2001) dokumentierten Ausgasungspunkte konzentrieren sich innerhalb des Hydrogeologischen Homogenbereiches 3 im Wesentlichen auf das Verbreitungsgebiet des oberflächen- und tagesnahen Abbaus im Einflussbereich der zentralen Wasserhaltung (vgl. Anl. B17). Aufgrund der speziellen geologisch-hydrogeologischen und bergbaulichen Randbedingungen stellt die Ausbisszone der klüftigen Oberkreide-Schichten am Südrand des Stilllegungsbereiches heute einen der Hauptausgasungsbereiche des Ruhrreviers dar (vgl. Tab. B2).

Nach Osten endet die Zone III nach EDELHOFF-DAUBEN (2001) aufgrund der vorliegenden Beobachtungen von Methan-Ausgasungen am Rand des Einflussbereiches der zentralen Wasserhaltung. Unter Berücksichtigung der generellen geologisch-hydrogeologischen und bergbaulichen Verhältnisse muss aber auch im weiteren östlichen Verlauf des Hydrogeologischen Homogenbereichs 3 außerhalb des Einflussbe-

reiches der zentralen Wasserhaltung in der Zone des oberflächennahen- und tagesnahen Bergbaus grundsätzlich nach dem derzeitigen Kenntnisstand mit einer vergleichbaren Ausgasungsproblematik gerechnet werden (Bereich Dortmund, Unna). Möglicherweise sind die fehlenden Hinweise zur Ausgasung auf eine bereits erfolgte weitgehende Flutung der alten Gruben in diesem Bereich zurückzuführen. Konkrete Erkenntnisse mit einer schlüssigen Bewertung der Untergrundverhältnisse fehlen dazu aber bisher.

Nach Westen hin, mit dem Übergang in eine stärker sandige Fazies der Cenoman/Turon-Schichten geht die Anzahl der dokumentierten Methan-Zuströmungen innerhalb des Hydrogeologischen Homogenbereiches 3 zurück. Etwa am Westrand des Stadtgebietes von Bochum zieht EDELHOF-DAUBEN (2001) daher die Grenze zur Zone I. Grundsätzlich muss aufgrund der geologisch-hydrogeologischen und bergbauartigen Verhältnisse nach den vorliegenden Unterlagen auch in der westlichen Verlängerung der Zone III nach EDELHOFF-DAUBEN (2001) im Ausbissbereich der Oberkreide-Schichten mit Ausgasungen aus den unterlagernden Steinkohlengruben an der Geländeoberfläche gerechnet werden. Die fehlenden Feststellungen zu Methan-Austritten in diesem Bereich könnten gegebenenfalls auf einen stärker diffusen Ausstrag in den stärker sandigen Oberkreideschichten zurückzuführen sein; Detailuntersuchungen zur Bewertung dieser Problematik fehlen hier.

Für die weitergehende Betrachtung der Ausgasungsproblematik im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstieg wird daher zunächst unter Berücksichtigung ungünstiger Randbedingungen für den gesamten Hydrogeologischen Homogenbereich 3 auch außerhalb der dokumentierten Gaszuströmungen eine verstärkte Gasproblematik angesetzt.

-Zone II nach EDELHOFF-DAUBEN (2001)

Zone II umfasst die Stilllegungsbereiche im südöstlichen Randbereich des Einzugsgebietes der zentralen Wasserhaltung, in denen das Steinkohlengebirge nur unter geringmächtiger quartärer Überdeckung bzw. ohne Überdeckung zutage tritt - Hydrogeologischer Homogenbereich 4. In diesen Bereichen wird das Ausmaß der Ausgasung im Wesentlichen vom Desorptionsvermögen des unterlagernden Steinkohlengebirges und der Mächtigkeit quartärer Lösslehmbedeckungen bestimmt.

Im Einflussbereich der zentralen Wasserhaltung muss innerhalb des Hydrogeologischen Homogenbereiches 4 nach dem derzeitigen Kenntnisstand grundsätzlich von einer anhaltenden Entgasung des Steinkohlengebirges ausgegangen werden. Dies betrifft auch den bei EDELHOFF-DAUBEN (2001) der Zone I zugeordneten Bereich der Zentralen Wasserhaltung Heinrich am SW-Rand des Reviers. Die Zuordnung bei EDELHOFF-DAUBEN (2001) erfolgte hier aufgrund fehlender Beobachtungen zu Methan-Zuströmungen. Konkrete Erkenntnisse zu den Gründen fehlender Feststellungen in diesem Bereich liegen nicht vor.

Für die weitergehende Betrachtung der Ausgasungsproblematik im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstieg wird daher unter Berücksichtigung ungünstiger Randbedingungen für den gesamten Hydrogeologischen Homogenbereich 4 auch außerhalb der dokumentierten Gaszuströmungen eine verstärkte Gasproblematik angesetzt.

Im Detail können in dieser Zone in Abhängigkeit vom Standwasserniveau und der Ausbildung der Quartärüberdeckung sehr unterschiedliche Verhältnisse vorliegen. HOLLMANN (1999) betrachtet z.B. Lösslehmablagerungen ab einer Mächtigkeit von 1 m als gasdicht. Unterhalb einer solchen Lösslehmdecke kann sich Methan-Gas lokal ansammeln und zu Problemen bei Baumaßnahmen führen.

Für die südlich des in Anl. B15 dokumentierten Einflussbereiches der zentralen Wasserhaltung gelegenen Bereiche des Altbergbaus liegen keine konkreten Erkenntnisse zum Ausgasungsverhalten vor. Diese Bereiche liegen außerhalb der von HOLLMANN (2001) und EDELHOFF-DAUBEN (2001) ausgewiesenen Zonen mit Methan-Zuströmungen. HOLLMANN (1999) geht davon aus, dass in diesen Bereichen keine Ausgasungsproblematik vorliegt, da das Steinkohlengebirge bereits entgast ist.

Grundsätzlich ist aber auch in diesen Bereichen eine anhaltende, wenn auch geringe Entgasung des Steinkohlengebirges nicht auszuschließen. Dies betrifft insbesondere Bereiche, in denen das Standwasserniveau tatsächlich doch noch durch die zentrale Wasserhaltung beeinflusst wird; hier sind auch verstärkte Ausgasungen im Rahmen eines weiteren Grubenwasseranstiegs bis zum Vorflutniveau nicht auszuschließen. Eine konkrete Bewertung der Verhältnisse in diesem Bereich wird daher erst auf der Grundlage einer Erfassung der Standwasserniveaus in den alten Steinkohlengruben möglich sein.

-Zone I nach EDELHOFF-DAUBEN (2001)

Die Zone I umfasst den westlichen Teil des Reviers in der **niederrheinischen Gaszone**, die nach GASCHNITZ (2001) durch ein geringeres Primärgasangebot gekennzeichnet ist. Dieser Bereich wird flächenhaft durch die gering durchlässigen Ratinger Tone und Lintforter Schichten abgedeckt, die nach Aussage der DMT (IHS, 19.03.2007) ab einer gewissen Mächtigkeit als gasdicht zu betrachten sind. Darüber hinaus treten im nordwestlichen Randbereich des Reviers die Zechsteinablagerungen als dichtende Schicht an der Deckgebirgsbasis auf.

Unter Berücksichtigung der speziellen geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse wird daher der Hydrogeologische Homogenbereich I im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung als Zone ohne Gasproblematik zugrunde gelegt.

Eine konkrete Abgrenzung dieses Bereiches unter Berücksichtigung einer für die Lintforter Schichten als gasdicht anzusetzenden Grenzmächtigkeit ist erforderlich.

3.2.4 Abgrenzung von Zonen unterschiedlicher Ausgasungsproblematik

Im Hinblick auf die Bewertung der Problematik von Gaszutritten an der Tagesoberfläche im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstieg werden im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen auf der Grundlage der vorangegangenen Darstellungen der geologisch-hydrogeologischen und bergbaulichen Grundlagen der Ausgasungen im Ruhrrevier die folgenden Zonen unterschiedlicher Ausgasungsproblematik unterschieden (vgl. Anl. B17):

Hydrogeologischer Homogenbereich 1

- Zone I nach EDELHOFF-DAUBEN (2001)
- vergleichsweise geringes Primärgasangebot („niederrheinische Gaszone“ nach GASCHNITZ, 2001)
- weitgehend „gasdichte“ Abdeckung des Deckgebirges durch die flächenhaft verbreiteten Lintforter Schichten

⇒ **keine Ausgasungsproblematik**

Hydrogeologischer Homogenbereich 2a

- westlicher Teil der Zone IV nach EDELHOFF-DAUBEN (2001)

- vergleichsweise geringes Primärgasangebot (im Wesentlichen „niederrheinische Gaszone“ nach GASCHNITZ, 2001)
- weitgehend gasdichte Abdichtung durch Emscher-Mergel
- lokal und zeitlich begrenzte Gaswegsamkeiten über Störungszonen und bergbauliche Auflockerungszonen führen zu vereinzelt oberflächennahen Methan-Zuströmungen

⇒ **lokal geringe Ausgasungsproblematik von West nach Ost zunehmend**

Hydrogeologischer Homogenbereich 2b

- östlicher Teil der Zone IV nach EDELHOFF-DAUBEN (2001)
- vergleichsweise hohes Primärgasangebot („westfälische Gaszone“ nach GASCHNITZ, 2001)
- lokal Gasansammlungen im basalen Deckgebirge (Cenoman/Turon-Schichten)
- stärker klüftiger Emscher-Mergel, lokal stärkere Gaswegsamkeiten über Störungszonen und bergbaulich bedingte Auflockerungszonen führen zu verstärkten oberflächennahen Methan-Zuströmungen

⇒ **verstärkte Ausgasungsproblematik**

Hydrogeologischer Homogenbereich 3

- erweiterte Zone III nach EDELHOFF-DAUBEN (2001)
- südöstlicher Randbereich des „Westfälischen Raums“ mit Gaszutritten über klüftige Oberkreideschichten
- Gaszustrom von Norden an der Basis der Emscher-Mergel sowie vertikal aus den unmittelbar unterlagernden Steinkohlengruben

⇒ **grundsätzlich verstärkte Ausgasungsproblematik in derzeit nicht näher abzugrenzenden Teilbereichen**

Hydrogeologischer Homogenbereich 4

- südöstlicher Randbereich des Reviers ohne signifikante Deckgebirgsüberlagerung (lokal quartäre Decklehme und Talablagerungen der Ruhr)
 - lokal stark wechselnde Ausgasungsproblematik in Abhängigkeit vom Standwasserniveau im Karbon und der Ausbildung quartärer Deckschichten
- ⇒ **grundsätzlich verstärkte Ausgasungsproblematik in derzeit nicht näher abzugrenzenden Teilbereichen**

Neben dieser flächenhaften Zonierung sind hinsichtlich der Ausgasungsproblematik immer auch punktuelle Zutritte über verlassene Schächte und Stollenmundlöcher zu berücksichtigen.

3.2.5 Bestehende Schutzkonzepte

Im Auftrag der Städte Bochum und Dortmund wurden von HOLLMANN (u.a. 1999) Detailbearbeitungen hinsichtlich der Ausweisung von Zonen unterschiedlicher Ausgasungsproblematik für die jeweiligen Stadtgebiete durchgeführt. So waren z.B. im Bereich der Stadt Dortmund erstmals in den 1970er Jahren und dann ab den 1990er Jahren im Zusammenhang mit Bergwerksstilllegungen verstärkt Sicherheitsprobleme mit Methan-Zuströmungen aufgetreten.

Im Rahmen der Bearbeitung von HOLLMANN (1999) wurde auf der Grundlage einer Detailauswertung der bergbaulichen sowie der geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse eine differenzierte Bewertung der Wahrscheinlichkeit von Gaszutritten und deren Bedeutung für Baumaßnahmen vorgenommen. Sämtliche Daten zur Gruben-

gasproblematik werden z.B. bei der Stadt Bochum von der unteren Bodenschutzbehörde in einem Methankataster erfasst und aufbereitet.

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse von HOLLMANN (1999) wurden insgesamt fünf Zonen unterschiedlicher Gasproblematik ausgewiesen. Im Rahmen von Baumaßnahmen (Baugenehmigungsverfahren) dient die Zoneneinteilung einer ersten Einschätzung der Gefahrensituation, die bereits frühzeitig eventuell erforderliche Vorsorge- oder Sicherungsmaßnahmen erkennen lässt. Der Maßnahmenkatalog umfasst folgende bautechnische Festlegungen (s.a. STADT DORTMUND - UMWELTAMT, 2001):

- Zone 0 und 1: keine Maßnahmen erforderlich
- Zone 2: Empfehlung zur Installation einer flächenhaften Gasdrainage
- Zone 3: Flächendrainage als fester Bestandteil der Ausführungsplanung
- Zone 4: wie Zone 3, ggfs. Definition zusätzlicher Sicherungsmaßnahmen (z.B. Gasabsaugung)

Diese Vorgehensweise zeigt, dass auch in den zentralen Problembereichen der Methan-Zuströmung (Zonen II und III nach EDELHOFF-DAUBEN, 2001) auf der Grundlage einer Detailbewertung der lokalen Untergrundverhältnisse die eigentlichen Problembereiche weiter eingegrenzt und gezielte Sicherungsmaßnahmen getroffen werden können. Auch EDELHOFF-DAUBEN (2001) liefert eine Zusammenstellung verschiedener Sicherungskonzepte für Ausgasungsbereiche bei unterschiedlichen geologisch-hydrogeologischen Randbedingungen (s. Tab. B3), die das Spektrum bautechnischer Maßnahmen bis hin zu einer aktiven Gasabsaugung verdeutlicht. Allerdings liegen für eine solche weitergehende Differenzierung u.E. bisher noch keine grundlegend wis-

senschaftlich fundierten Untersuchungen zur Bewertung der Ausgasungsproblematik vor.

Tab. B3: Beispielhafte Zusammenstellung zur Anwendbarkeit von Sanierungskonzepten bei Methan-Zuströmungen an der Tagesoberfläche (aus EDELHOFF-DAUBEN, 2001)

Überblick über die Anwendbarkeit der Sanierungskonzepte					
Sicherungskonzept	Zone			Absaugung möglich	Absaugung nicht möglich
	II B	III B	IV B		
Absaugung am Schacht	X	X	X	X	
Passive Entgasungseinrichtung am Schacht	X	X	X		X
Entgasungseinrichtung am Schacht mit Niederdruckfackel	X	X	X		X
Biologischer Abbau des Methans	X	X	X	X	
Auskoffering im Bereich von Gebäuden	X	X	X		X
Auskoffering im Bereich eines Flözes	X				X
Flachbrunnen in Auflockerungszone	X			X	
Flachbrunnen in Alten Mann oder Strecke	X			X	
Flachbrunnen mit Horizontaldränage	X			X	
Flachbrunnen in stark geklüftete Kreide		X		X	
Tiefbrunnen in Auflockerungszone		X		X	
Tiefbrunnen in Alten Mann oder Strecke		X		X	
Flächendränage	X	X	X		X
Abdichtung von Gebäuden	X	X	X		X
Versiegelung des Untergrundes	X	X	X		X
Zwangsbelüftung	X	X	X		X

3.2.6 Grubengasnutzung

Im Zusammenhang mit der Bewertung möglicher Gaszutritte an der Tagesoberfläche im Rahmen des Grubenwasseranstiegs ist vor allem die langfristige Verwertung von Methangas auch aus den stillgelegten Gruben von Bedeutung. Damit ergibt sich die Möglichkeit, den Gasdruck im Gebirge auch nach der Bergwerksstilllegung zumindest in begrenztem Umfang zu regulieren. Das Ausmaß unkontrollierter Gasaustritte an der Tagesoberfläche kann dadurch zumindest deutlich verringert werden.

Der Methangas-Verwertung kommt damit neben der wirtschaftlichen Nutzung eine wichtige sicherheitliche Bedeutung zu. Darüber hinaus bedeutet die gezielte Absaugung des Grubengases auch aus ökologischer Sicht einen wichtigen Beitrag zur Minimierung schädlicher Ausgasungen in die Atmosphäre.

Zwischenzeitlich sind für den Bereich des Ruhrreviers flächenhaft Bewilligungsfelder für die Gewinnung von Grubengas aus den Gruben des Ruhrreviers sowie Erlaubnisfelder zur Aufsuchung von Grubengas erteilt worden (s. Anl. B18). Gemäß NÖRTHEN (2007) wurden bis Mitte 2006 insgesamt 64 Bewilligungen zur Gewinnung von Grubengas erteilt. Anfang 2007 waren nach einer Zusammenstellung der BZR Arnsberg (22.02.2007) im Ruhrrevier 36 Grubengasgewinnungsanlagen in Betrieb.

Da mit den lokalen Absaugeinrichtungen insbesondere mit weiterem Fortschreiten des Grubenwasseranstiegs und der Unterbrechung weiträumiger untertägiger Gaswegsamkeiten nicht flächenhaft alle Grubenbereiche erfasst werden können, muss insbesondere in den Zonen mit verstärkter Ausgasungsproblematik weiterhin mit Ausgasungen an der Tagesoberfläche gerechnet werden. Für diese Bereiche sind dann auf

der Grundlage einer weitergehenden Detailanalyse Ausgasungsprognosen zu erstellen und z.B. die in Kap. 3.2.4 beschriebenen Sicherungsmaßnahmen anzuwenden.

In jedem Falle ist die Grubengasgewinnung in die Konzeption einer sicherheitlichen Abwicklung des Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier einzubinden.

3.2.7 Weitergehende Untersuchungen

Über die im Wesentlichen empirischen Betrachtungen von HOLLMANN (u.a. 2001) und EDELHOFF-DAUBEN (2001) hinausgehende Untersuchungen zur Prognose möglicher Gasaustritte an der Tagesoberfläche im Ruhrrevier werden derzeit von der DMT in Zusammenarbeit mit der Universität Stuttgart im Auftrag der DSK durchgeführt. Im Rahmen dieser Untersuchungen sollen unter Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse für das Bergwerk Westfalen (DMT, 2003) anhand numerischer Modellbetrachtungen das desorbierbare Restgasvolumen im Steinkohlengebirge (als Motor der Ausgasung) bestimmt und Ausgasungsprognosen für die Tagesoberfläche unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse im Deckgebirge und der Entwicklung des Grubenwasseranstiegs erstellt werden. Zum derzeitigen Projektstand werden nach Auskunft der DMT für das Ruhrrevier etwa 15 Hydrogeologische Homogenbereiche unterschieden (IHS, 19.03.2007). Im Ergebnis soll ein flächenhaftes Prognosewerkzeug zur Bewertung der Ausgasungsproblematik im Rahmen des Grubenwasseranstiegs für das Ruhrrevier vorgelegt werden.

3.3 Bodenbewegungen

3.3.1 Bergsenkungen

Nach allgemeiner Lehrmeinung sind Einwirkungen auf die Geländeoberfläche aus dem **tiefen Bergbau** infolge konvergierender Grubenbaue in der Regel in einem Zeitraum von 5 Jahren nach Ende der Abbautätigkeit abgeschlossen. Bergsenkungen infolge Steinkohlenbergbau sind daher zukünftig nur noch in den Bereichen des aktiven Bergbaus im nördlichen Teil des Reviers zu erwarten.

Bergsenkungen haben in der Vergangenheit im gesamten Revier zu Schäden an Infrastruktur und Bebauung geführt. Die natürlichen Vorflutverhältnisse wurden massiv gestört. In weiten Bereichen muss der Grundwasserspiegel künstlich abgesenkt werden, um eine Überflutung von Senkungsgebieten zu verhindern (vgl. Kap. 1.7.4). Im Niederrhein-Gebiet mussten die Deiche erhöht und erweitert werden, um den Hochwasserschutz zu gewährleisten.

Nach Abklingen der Bergsenkungen wurde mit der Umstrukturierung des Gewässersystems begonnen; ein Hauptprojekt ist dabei der Emscher-Umbau (s. Kap. 4.4).

Eine Bestandsaufnahme der bergbaulichen Bodensenkungen für das gesamte Ruhrrevier liegt bisher nicht vor. Ein grober Überblick über die Bergsenkungsbereiche lässt sich daher nur aus der räumlichen Verbreitung der Abbauflächen und der Lage von Polderflächen gewinnen (s. Anl. B19).

Aufgrund des in anderen Steinkohlenrevieren festgestellten Zusammenhanges zwischen dem Ausmaß der Bodensenkungen und dem Ausmaß der im Rahmen des nachfolgenden Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Bodenhebungen stellt die Dokumen-

tation der bisher erfolgten Bodensenkungen eine wesentlichen Grundlage für die Prognose der im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Bodenbewegungen dar. Bisher liegen dazu aber nach Aussage der DSK noch keine belastbaren Unterlagen für das Ruhrrevier vor.

3.3.2 Bodenhebungen

Erste Erkenntnisse über Bodenhebungen im Bereich des Ruhrreviers wurden für den deckgebirgsfreien südlichen Teil des Reviers schon in der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts veröffentlicht. OBERSTE-BRINK (1940) berichtet im Zusammenhang mit der Flutung von Grubenbauen in der Wittener Mulde über Bodenhebungen bis zu 170 mm. Diese Beobachtungen zeigen, dass in Teilflächen der Stilllegungsbereiche im südlichen Ruhrrevier bereits der Grubenwasseranstieg erfolgt ist und stärkere Bodenhebungen eingetreten sind.

Wie bereits in Kap. 1.6 dargelegt, muss auch innerhalb des Einwirkungsbereiches der zentralen Wasserhaltung lokal mit hydraulisch eigenständigen Bereichen gerechnet werden, in denen das Standwasserniveau bereits das natürliche Vorflutniveau wieder erreicht hat. Die Grenzzonen zwischen solchen hydraulisch eigenständigen Bereichen und den Einwirkungsbereichen der zentralen Wasserhaltung stellen damit auch Zonen unterschiedlicher Bodenbewegungstendenz im Falle eines großräumigen Grubenwasseranstiegs dar. Dies ist bei der Erfassung potenzieller Unstetigkeitsbereiche im Zuge der durch den Grubenwasseranstieg bedingten Bodenhebungen und der Prognose der Bodenbewegungen zu berücksichtigen.

Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass auch im Einflussbereich der zentralen Wasserhaltung im Zusammenhang mit den dortigen Stilllegungen und dem teilweise großflächigen Anstieg des Standwasserniveaus Bodenhebungen eingetreten sind. Dazu liegen aber bisher keine Untersuchungsergebnisse vor.

Als Grundlage für eine zuverlässige Prognose von Bodenhebungen im Rahmen des Grubenwasseranstiegs ist daher zunächst eine umfassende Auswertung der bereits vorliegenden Vermessungsdaten (z.B. Preußische Landesaufnahme, Leitnivellement) im Hinblick auf die Erfassung und Bewertung der bisherigen Bodenbewegungen im Ruhrrevier erforderlich. Auch die Erfassung von Bereichen mit bereits abgeschlossenem Grubenwasseranstieg ist in dieser Hinsicht von großer Bedeutung. Darüber hinaus sind wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen erforderlich, die sich mit den Ursachen und den möglichen Auswirkungen der Bodenhebungen im Rahmen des Grubenwasseranstiegs befassen (s. Teil C, Kap. 1.5).

4 Naturräumliche Schutzgüter

Im Hinblick auf die Bewertung der möglichen Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs ist vor allem eine Bestandsaufnahme der möglicherweise betroffenen Schutzgüter erforderlich. Dies betrifft neben wasserwirtschaftlich relevanten Grundwasserkörpern, Bereichen der Trink- und Mineralwassergewinnung, Vorflutern und ökologisch wertvollen Naturräumen auch die Bereiche, in denen der Anstieg von Wasserständen im Grund- oder Deckgebirge unmittelbar Auswirkungen auf die Geländeoberfläche haben kann (Tagesbrüche, Vernässungen, Einstau von Altlasten etc.).

4.1 Grundwasserkörper

Für eine Zusammenstellung der wasserwirtschaftlich relevanten Grundwasserkörper im Ruhrrevier wurde für die vorliegende Bearbeitung auf die im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW) durchgeführte Bestandsaufnahme im Rahmen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zurückgegriffen.

In diesem Zusammenhang wurde für die Grundwasserlandschaften der einzelnen Flussgebiete (Lippe, Emscher, Ruhr, Rheingraben-Nord) bezogen auf den obersten wasserwirtschaftlich relevanten Grundwasserleiter eine Abgrenzung von Grundwasserkörpern vorgenommen und deren wasserwirtschaftliche Bedeutung bewertet. Die Abgrenzung der entsprechenden Flussgebiete (Arbeitsgebiete der Bearbeitung WRRL) sind in Anl. B20 dargestellt.

- Lippe-Gebiet (Arbeitsgebietnummer 278 - MUNLV, 06.2005a)

Im Lippe-Gebiet sind fast alle Grundwasserleitertypen verbreitet (vgl. Anl. B20). Fluss-begleitend erstrecken sich entlang der Lippe höher durchlässige Porengrundwasserleiter, die aus quartären Lippesedimenten und im Westen aus kretazischen Meeressanden bestehen. Diese Bereiche werden wasserwirtschaftlich intensiv für die Trinkwassergewinnung und gewerbliche Grundwasserentnahme genutzt (Grundwasserkörper mit „mittlerer und hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung“, s. Anl. B21). Entsprechend sind hier entlang der Lippe zahlreiche Trinkwasserschutzgebiete ausgewiesen (s. Anl. B22).

Nördlich und südlich der Porengrundwasserleiter sind Kluftgrundwasserleiter verbreitet (Kreidemergel). Die wasserwirtschaftliche Bedeutung dieser Kluftgrundwasserleiter ist generell gering und beruht vorwiegend auf der Eigenwasserversorgung.

Wichtige Gebiete für die Wasserversorgung liegen im Verbreitungsgebiet der Halterner Sande (Grundwasserkörper mit „mittlerer und hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung“, s. Anl. B21). Sie werden überwiegend landwirtschaftlich genutzt; daneben erfolgt hier Sand- und Kiesgewinnung. Die Halterner Sande werden zu einem Teil durch mergelige Schichten bedeckt; die Flurabstände sind in der Regel hoch, so dass ein erhöhter, natürlicher qualitativer Schutz des Grundwassers besteht. Im Verbreitungsbereich der Halterner Sande sind zahlreiche Trinkwasserschutzgebiete ausgewiesen (s. Anl. B22).

Die Fördermengen aus den in Anl. B21 dargestellten wasserwirtschaftlich bedeutsamen Grundwasserkörpern im Lippe-Gebiet summieren sich zu einer Größenordnung von rd. 100 Mio. m³/a. Die in diesem Bereich wasserwirtschaftlich bedeutsamen

Ablagerungen der Halterner Sande sowie der quartären Ablagerungen im Lippetal werden grundsätzlich im tieferen Untergrund durch den als hydraulische Barriere ausgebildeten Emscher-Mergel gegen qualitative Veränderungen des Grundwassers infolge des Grubenwasseranstiegs (Salzwasseraufstieg) geschützt (Hydrogeologischer Homogenbereich 2). Im nordwestlichen Teil des Reviers wird der Grundwasserkörper in den quartären Ablagerungen im Lippe-Tal durch die unterlagernden gering durchlässigen Lintforter Schichten gegen entsprechende Einwirkungen geschützt (Hydrogeologischer Homogenbereich 1).

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand sind aber Einwirkungen nicht vollständig auszuschließen, da die Schutzfunktion dieser hydraulischen Barriereformationen und die natürliche Verbreitung von Salzwässern im Hangenden des Emscher-Mergel insbesondere im Bereich von Störungszonen noch nicht im Detail untersucht ist. Auch ist ein Zustrom von aufsteigenden Grubenwässern aus dem Hydrogeologischen Homogenbereich 3 nicht auszuschließen. Hier sind entsprechende Detailuntersuchungen und Monitoring-Maßnahmen erforderlich.

- Emscher-Gebiet (Arbeitsgebietnummer 277 - MUNLV, 06.2005b)

Aufgrund der naturräumlichen Verhältnisse sind im Emscher-Gebiet Kluftgrundwasserleiter (z.B. Recklinghäuser Sandmergel) und Poren- bzw. Kluft-/Porengrundwasserleiter flächenmäßig etwa gleich groß verteilt (s. Anl. B20).

Die Kluftgrundwasserleiter weisen eine geringe bis sehr geringe Durchlässigkeit auf und haben - bezogen auf die Grundwassermenge - eine entsprechend geringe wasserwirtschaftliche Bedeutung. Dabei nehmen die Schichten des Emscher-Mergel hin-

sichtlich ihrer hydrogeologischen Eigenschaften eine Sonderstellung ein. Die obersten Meter des Emscher-Mergel sind zu einem tonigen Schluff bzw. schluffigen Ton verwittert und bilden einen Grundwasserstauer. Darunter können die Tonmergelsteine bis zu einer Tiefe von 30 bis 50 m geklüftet und Wasser führend sein. Aufgrund der Klüftigkeit in Oberflächennähe wird der Emscher-Mergel lokal auch zur Wasserversorgung genutzt.

Weit verbreitet sind die Niederterrassensande der Emscher und ihrer Nebengewässer (277_01, _05, Anl. B20). Diese Ablagerungen sind aber für die Wasserversorgung im Allgemeinen von untergeordneter Bedeutung. Eine lokal hohe wasserwirtschaftliche Bedeutung für die gewerbliche Wasserversorgung hat der in der Flussniederung von Kleine Emscher/Alte Emscher und den Rhein-Terrassen ausgebildete Grundwasserkörper 277_01 (westl. Niederung der Emscher, s. Anl. B21) als ergiebiger Poren-Grundwasserleiter. Da das Grundwasser nicht für die öffentliche Wasserversorgung gehoben wird, erfolgte für diesen Grundwasserkörper eine Einstufung der wasserwirtschaftlichen Bedeutung als mittel. Ein Wasserschutzgebiet für die öffentliche Trinkwasserversorgung ist nicht ausgewiesen (Anl. B22).

Insgesamt hat die Emscher-Region aufgrund ihrer geologischen Ausbildung für die großindustrielle Wasserversorgung gemäß MUNLV (06.2005b) keine Bedeutung. Die gesamte Grundwasserförderung in der Grundwasserkörpergruppe Emscher beträgt ca. 26,5 Mio. m³/a. Der überwiegende Teil davon (ca. 20,9 Mio. m³/a) entfällt allerdings auf Sumpfungs-/Polderwasser, und nur ca. 5,6 Mio. m³/a werden für die gewerbliche Grundwasserversorgung genutzt (vgl. Grundwasserkörper 277_01, Anl. B21).

Das Emscher-Gebiet erstreckt sich weiträumig über die Stilllegungsbereiche des Steinkohlenbergbaus und umfasst damit vor allem die Ausbissbereiche des Steinkoh-

lengebirges im Süden (Hydrogeologischer Homogenbereich 4) sowie den sich nördlich anschließenden Ausbissbereich der Oberkreidedecke (Cenoman/Turon-Schichten, Emscher-Mergel - Hydrogeologischer Homogenbereich 3). In diesen Bereichen ist im Rahmen des Grubenwasseranstiegs nach dem derzeitigen Kenntnisstand mit Einwirkungen auf das oberflächennahe, wasserwirtschaftlich relevante Grundwasserstockwerk zu rechnen, da das Steinkohlengebirge hier weitflächig in direktem hydraulischen Kontakt mit dem oberflächennahen Grundwasserstockwerk steht. Dies betrifft insbesondere auch die lokalen Grundwassernutzungen im Emscher-Mergel.

Im westlichen Randbereich des Emscher-Gebietes werden die lokal wasserwirtschaftlich relevanten quartären Ablagerung von den tertiären Lintforter Schichten unterlagert (Grundwasserkörper 277_01; Hydrogeologischer Homogenbereich 1b). Das Einwirkungspotenzial infolge Grubenwasseranstieg ist daher hier begrenzt. Für eine konkrete Bewertung sind aber auch hier weitergehende Untersuchungen und ein entsprechendes Monitoring-Programm erforderlich.

Grundsätzlich sind im Emscher-Gebiet Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die oberflächennah genutzten Grundwasservorkommen möglich. Das Einwirkungspotenzial ist durch die insgesamt geringe wasserwirtschaftliche Bedeutung der Grundwasserkörper im Emscher-Gebiet allerdings vergleichsweise geringer. Dabei sind insbesondere auch die massiven Eingriffe in das oberflächennahe Grundwasserstockwerk im Zuge der Sumpfungsmaßnahmen für die Polderflächen zu berücksichtigen.

- Ruhr-Gebiet (Arbeitsgebietnummer 276 - MUNLV, 06.2005c)

Das Einzugsgebiet der Ruhr liegt fast vollständig innerhalb der devonischen und karbonischen Festgesteine des Rheinischen Schiefergebirges. Hier dominieren Kluftgrundwasserleiter mit geringen bis sehr geringen Durchlässigkeiten und - bezogen auf die Grundwassermenge - entsprechend geringer wasserwirtschaftlicher Bedeutung.

Lockergesteine (Porengrundwasserleiter) mit wasserwirtschaftlich bedeutenden Grundwassermengen kommen in erster Linie in der Talau der Ruhr sowie im Übergangsbereich zum Niederrheinischen Tiefland vor (Grundwasserkörper: 276_01, 276_03 und 276_07, Anl. B20). Die quartären Lockergesteine besitzen unterhalb des Auelehms eine sehr gute bis gute Porendurchlässigkeit und entsprechend hohe Ergiebigkeit und werden deshalb intensiv zur Trinkwassergewinnung genutzt.

Ein auch im Hinblick auf die möglichen Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs zu berücksichtigendes wichtiges Charakteristikum der Trinkwassergewinnung im Ruhr-Tal ist, dass es sich dabei nur zu einem sehr geringen Teil um die Gewinnung von natürlicherweise vor Ort zuströmenden Grundwassers handelt. Tatsächlich wird insbesondere zwischen Meschede und Mülheim in großem Umfang (ca. 200 Mio. m³/a) Wasser aus der fließenden Welle der Ruhr entnommen und über Versickerungsbecken in den Grundwasserleiter infiltriert. Das so oberflächennah angereicherte Grundwasser wird dann für die Trinkwasserversorgung gefördert. Die Voraussetzungen für die künstliche Anreicherung des Grundwassers werden durch die Talsperren am Oberlauf der Ruhr geschaffen, über die die Wasserführung der Ruhr entsprechend reguliert wird. Der an den meisten Ruhr-Wasserwerken zusätzlich genutzte Anteil an Uferfiltrat und natürlichem Grundwasser beträgt nahezu immer unter 10 % der Gesamtförderung.

Die Fördermengen aus der Ruhr betragen im Mittel- und Oberlauf bis Hagen rd. 129,3 Mio. m³/a (Grundwasserkörper 276_07, Anl. B21); für den Unterlauf wird eine Gesamtfördermenge von rd. 106,6 Mio. m³/a (Grundwasserkörper 276_03) angegeben (s. Anl. B21). Für den Mündungsbereich der Ruhr (Grundwasserkörper 276_01) sind in der wasserwirtschaftlichen Bestandsaufnahme des MUNLV keine Fördermengen angegeben. Insgesamt verdeutlichen diese Fördermengen die überregionale Bedeutung der Trinkwassergewinnung im Ruhr-Tal für das gesamte Ruhrgebiet.

Die Hauptwassergewinnung im Unterlauf der Ruhr im **Grundwasserkörper 276_03** erfolgt im Verbreitungsgebiet des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus, wo das Steinkohlengebirge zutage tritt (Hydrogeologischer Homogenbereich 4), u.a. auch innerhalb des Einflussbereiches der zentralen Wasserhaltung (ZW Heinrich, ZW Friedlicher Nachbar).

Die Einleitungen des aus den zentralen Wasserhaltungen Heinrich und Friedlicher Nachbar gehobenen Grubenwassers erfolgen jeweils unmittelbar unterhalb der Gewinnungsstellen von Trinkwasserversorgungsanlagen (vgl. Anl. B22). Da die gehobenen Grubenwässer hier eine vergleichsweise gute Qualität aufweisen (s. Kap. 3.1.2 bzw. Anl. B15), führen sie offensichtlich nicht zu einer Beeinträchtigung der jeweils wiederum weiter unterhalb der Einleitungsstellen gelegenen Trinkwassergewinnungsanlagen. Die Einleitungen der ZW Robert Müser werden mit dem Harperner und dem Ölbach über das Klärwerk Ölbachtal der Ruhr zugeführt.

Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs ist hier mit Erreichen des natürlichen Vorflutniveaus mit Grubenwasserzutritten in die Wasserversorgungsbereiche im Ruhr-Tal zu rechnen. Inwieweit dadurch unter Berücksichtigung der Mengen und der Qualität des zutretenden Grubenwassers Einwirkungen auf die Trinkwassergewinnung befürchtet

werden müssen, kann derzeit noch nicht prognostiziert werden. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist der Grundwasserkörper 276_03 aufgrund seiner Bedeutung für die Trinkwasserversorgung des Ruhrreviers und dem Einwirkungspotenzial des Grubenwasseranstiegs als einer der Hauptproblemzonen des Grubenwasseranstiegs zu bewerten.

Bei der Bewertung ist allerdings auch zu berücksichtigen, dass heute hier schon Trinkwasser aus Bereichen gewonnen wird, in denen das Grubenwasser möglicherweise bereits bis in das natürliche Vorflutniveau angestiegen ist, ohne Einwirkungen auf die Trinkwassergewinnung hervorzurufen (z.B. Raum Witten), und dass das in den Stilllegungsbereichen zutretende Grubenwasser heute bereits eine vergleichsweise gute Qualität aufweist, die eine Direkteinleitung in die Ruhr ermöglicht.

Der im Mündungsbereich gelegene **Grundwasserkörper 276_01** liegt im Wesentlichen innerhalb der ZW Concordia (Anl. B21); das Standwasserniveau im Karbon ist heute hier abgesenkt. Die Ruhr verläuft hier in den Bereich mit Kreide- und Tertiär-Überdeckung hinein (Hydrogeologische Homogenbereiche 1 und 3). Auch hier ist insbesondere im östlichen Teil (Hydrogeologischer Homogenbereich 3) im Rahmen der Grubenwasseranstiegs mit aufsteigenden Grubenwässern bis in das Niveau des oberflächennahen Grundwasserstockwerks zu rechnen. Das Ausmaß der Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs hängt hier ab von der hydraulischen Verbindung zwischen den quartären Sedimenten des Ruhr-Tals, aus denen die Grundwassergewinnung erfolgt, und den unterlagernden Oberkreideschichten. Im westlichen Teil bilden die Lintforter Schichten eine basale Barriere gegen den Grubenwasseraufstieg (Hydrogeologischer Homogenbereich 1).

Zur Bewertung des Einwirkungspotenzials ist hier eine Detailbewertung der hydrogeologischen und bergbaulichen Verhältnisse erforderlich.

Der im Ruhr-Tal oberhalb von Hagen gelegene bedeutsame **Grundwasserkörper 276_07** liegt dagegen außerhalb der Zone des Steinkohlenbergbaus (vgl. Anl. B21); hier sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand keine Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs auf das Grundwasser zu besorgen.

- Rheingraben-Nord (Arbeitsgebietnummer 27 - MUNLV, 06.2005d)

Im Niederrheingebiet, der grundwasserreichsten Landschaft von Nordrhein-Westfalen, ist das oberste Grundwasserstockwerk mit freiem Grundwasserspiegel von wasserwirtschaftlicher Bedeutung (Anl. B21). Dieses wird von quartären Terrassenbildungen des Rheins aufgebaut. Sie werden aus 20 bis 30 m mächtigen, gut bis sehr gut wasserdurchlässigen Sanden und Kiesen gebildet. Der mittlere Flurabstand beträgt im Allgemeinen nur wenige Meter; aufgrund der bergbaulichen Bodensenkungen sind weitflächig Flurabstands-regulierende Sumpfungmaßnahmen erforderlich.

Im Bereich der Steinkohlenbergwerke West, Walsum und Lohberg liegen die Grundwasserkörper 27_06 und 27_08 sowie der nördliche Rand des Grundwasserkörpers 27_10 am SE-Rand des Bergwerks West (Anl. B21). Die Wasserförderung erfolgt aus dem Grundwasser. Darüber hinaus wird ein Teil des Wasserbedarfs durch eine intensive Gewinnung von Uferfiltrat ergänzt (Grundwasserkörper 27_08, 27_10). Trinkwasserschutzgebiete sind hier in den Rhein-Schleifen im Bereich des Bergwerks Walsum sowie im südwestlichen Teil des Bergwerks West ausgewiesen (s. Anl. B22).

Das oberflächennahe, wasserwirtschaftlich bedeutsame Grundwasserstockwerk wird in diesem Bereich flächenhaft von den gering durchlässigen Lintforter Schichten unterlagert (Hydrogeologischer Homogenbereich 1). Diese bilden im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstieg eine basale Barriere gegen mögliche Einwirkungen von Grubenwasseraufstiegen im Deckgebirge. Signifikante Einwirkungen auf die Grundwassergewinnung sind daher in diesem Bereich nach dem derzeitigen Kenntnissstand nicht zu besorgen.

4.2 Mineralbrunnen

Neben der Trinkwasserversorgung sind bei der Bewertung möglicher Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs aus wasserwirtschaftlicher Sicht auch zahlreiche Mineralbrunnen zu berücksichtigen.

Gemäß GEOLOGISCHER DIENST NRW (2002) werden im Ruhrrevier, innerhalb des Einwirkungsbereiches der Wasserhaltungen, insgesamt 42 Mineralwasserbrunnen betrieben (Anl. B22).

Dabei handelt es sich grundsätzlich um zwei verschiedene Herkunftstypen:

- Mineralbrunnen im Niederrhein-Gebiet mit mineralisierten Grundwässern aus den tertiären Walsumer Meeressanden (im Liegenden des Ratinger Tons und der Lintforter Schichten) - Bereich Duisburg-Walsum und Moers

- Mineralbrunnen im südlichen Teil des Ruhrreviers mit mineralisierten Grundwässern aus den kretazischen Cenoman/Turon-Schichten - Bereich Mülheim, Essen, Bochum, Herne, Recklinghausen, Dorsten und Dortmund

Die Mineralbrunnen am Niederrhein weisen Teufen zwischen 142 m (Moers) und 275 m auf (Duisburg-Walsum) auf. Bei den Mineralbrunnen im Ruhrrevier handelt es sich einerseits um flache Brunnen zwischen 20 und maximal 160 m im Raum Mülheim, Essen, Bochum, Herne, Recklinghausen (Hydrogeologischer Homogenbereich 3) sowie Tiefbrunnen zwischen 500 m in Herne und 552 m in Dorsten (Hydrogeologischer Homogenbereich 2).

Konkrete Unterlagen über die Nutzungsart und Fördermengen der einzelnen Brunnen liegen nicht vor. Zahlreiche Quellen werden für die Mineralwasserabfüllung benutzt (Römerwall, Stifts-Quelle) und stellen damit lokal einen Wirtschaftsfaktor dar. Für die in Bochum-Wattenscheid gelegenen Mineral- und Heilwasserquelle (Herzog Quelle Mineralbrunnen) ist ein Heilquellenschutzgebiet ausgewiesen.

Im Niederrhein-Gebiet wird das Förderniveau (Walsumer Sande) durch eine mächtige Folge von kretazischen, triassischen und permischen Deckgebirgsschichten unterlagert (s. Profil 2, Anl. B10.2). Die an der Deckgebirgsbasis ausgebildeten Zechsteinschichten (Perm) bilden eine basale Barriere gegen aufsteigende Grubenwässer (Hydrogeologischer Homogenbereich 1a). Das Einwirkungspotenzial ist daher in diesem Bereich begrenzt. Für eine konkrete Bewertung sind allerdings weitergehende Detailuntersuchungen erforderlich.

Für die im südlichen Teil des Ruhrgebiets gelegenen Mineralquellen muss grundsätzlich mit einer Beeinflussung durch den Grubenwasseranstieg gerechnet werden. Die Mineralquellen liegen hier im Wesentlichen im Hydrogeologischen Homogenbereich 3, wo weiträumig ein direkter hydraulischer Kontakt zwischen Deckgebirgsschichten und Steinkohlengebirge anzunehmen ist. Das konkrete Einwirkungspotenzial ist abhängig von der Qualität der Grubenwässer und den hydraulischen Wechsel-

wirkungen zwischen dem Steinkohlengebirge und dem Cenoman/Turon-Aquifer. Eine Detailbetrachtung der hydrogeologischen Verhältnisse sowie ein entsprechendes Monitoring der genutzten Aquifere ist erforderlich.

4.3 Grundwasserabhängige Naturschutzgebiete („Natura 2000“)

In Bereichen, in denen es infolge des Grubenwasseranstiegs zu Veränderung von Grundwasserständen oder der Grundwasserqualität kommt, sind grundsätzlich auch Einwirkungen auf Fauna und Flora nicht auszuschließen. Darüber hinaus können auch Austritte von Grubengas zu Einwirkungen auf Fauna und Flora führen.

Für eine erste grobe Übersicht wasserabhängiger Schutzgebiete innerhalb des Einwirkungsbereiches der Wasserhaltungen des Steinkohlenbergbaus wird nachfolgend auf die im Rahmen der Bestandsaufnahme für die Umsetzung der EU-WRRL vorgenommene Zusammenstellung von wasserabhängigen FFH-Gebieten gemäß FFH-Richtlinie (92/676/EWG) bzw. wasserabhängigen Vogelschutzgebieten gemäß EU-Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG) des europäischen ökologischen Netzes „Natura 2000“ hingewiesen (MUNLV, 06.2005a-d).

Danach sind im Einwirkungsbereich der Wasserhaltungen des Steinkohlenbergbaus insbesondere entlang der Lippe nahezu durchgängig FFH-Gebiete ausgewiesen. Vogelschutzgebiete sind schwerpunktmäßig am Niederrhein ausgewiesen (Anl. B23).

Die wasserabhängigen Schutzgebiete liegen fast ausschließlich im nördlichen Teil des Reviers, innerhalb der Hydrogeologischen Homogenbereiche 1 und 2. Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs sind in diesen Bereichen keine signifikanten Einwirkungen auf

diese Schutzgebiete zu erwarten, da kein direkter hydraulischer Kontakt zum Grubenwasser besteht.

Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass teilweise schon im Rahmen der bisherigen Wasserrechtsverfahren für die bestehenden Einleitungen FFH-Verträglichkeitsstudien durchgeführt wurden. So wurde gemäß BZR Arnsberg (Erlaubnisbescheid Wasserhaltung Auguste Victoria 3, 12.12.2005) z.B. im Rahmen des wasserrechtlichen Erlaubnisverfahrens für die Neuregelung der Grubenwassereinleitung des Bergwerks Auguste Victoria in die Lippe bezüglich der Einwirkungen auf das FFH-Gebiet Lippe-Aue (DE-4209-302) festgestellt, dass durch die Grubenwassereinleitung keine erhebliche Beeinträchtigung der für die Erhaltungsziele oder den Schutzzweck maßgeblichen Bestandteile des FFH-Gebietes erfolgt.

4.4 Vorfluter

Mit den Grubenwässern der stillgelegten und aktiven Bergwerke werden erhebliche Wassermengen mit erhöhter Temperatur sowie Salzfrachten (Chloride, Sulfate) in Lippe, Emscher, Ruhr und Rhein sowie kleine Nebengewässer eingeleitet. Neben den sonstigen industriellen Abwassereinleitungen bilden diese Einleitungen eine erhebliche Belastung der lokalen Vorfluter. Die Gewässergüte des Vorflutsystems ist auf der Grundlage der Bestandsaufnahme des MUNLV für die WRRL in Anl. B24 dargestellt.

Die **Lippe** ist von der Quelle bis oberhalb der Stadt Hamm durchgehend nur mäßig belastet (Güteklasse II). Aufgrund der Warmwassereinleitungen im Bereich des Kraftwerkes Westfalen bei Hamm kommt es zu einer Herabstufung in die Güteklasse II-III im Stadtgebiet Hamm. Die anschließende Gewässerstrecke bis Lünen befin-

det sich in der Güteklasse II. Nach Zufluss der Seseke bei Lünen weist die Lippe dann bis zur Mündung in den Rhein die Güteklasse II-III auf. Durch die Einleitung von Grubenwässern ist der Lippe-Abschnitt von Werne/Bergkamen bis zur Mündung hinsichtlich des Salzgehalts belastet; die Chlorid-Fracht der Grubenwassereinleitungen betrug 2005 rd. 9,7 kg/s (s. Kap. 3.1.2). Daneben sind industrielle Eintragspfade (z.B. Sodaindustrie) von Bedeutung. Das im Rahmen der Bestandsaufnahme für die Umsetzung der WRRL zugrunde gelegte Qualitätskriterium für Chlorid (≤ 200 mg Chlorid/l) wird in diesem Bereich nicht eingehalten.

Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs kann eine unmittelbare Belastung der Lippe durch aufsteigende Grubenwässer aufgrund der Lage in den Hydrogeologischen Homogenbereichen 1 und 2 ausgeschlossen werden. Mit einer Einstellung der Wasserhaltung und der damit verbundenen Einstellung der Einleitung in den Vorfluter wäre in diesem Bereich vielmehr eine deutliche Verbesserung der Gewässergüte zu erreichen. Besondere Monitoring-Maßnahmen sind daher für die Lippe im Rahmen der Grubenwasseranstiegs nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht erforderlich.

Die Gewässergüte der **Emscher** ist nach wie vor schlecht und muss überwiegend in die Güteklasse IV eingestuft werden. Im Emscher-Gebiet sind nur rund 8 % der betrachteten Gewässerstrecke der Güteklasse II (mäßig belastet) zuzuordnen. Die verbleibenden rd. 92 % des Gewässers weisen weiterhin Defizite hinsichtlich der Gewässergüte auf, wobei die sehr stark und übermäßig verschmutzten Laufabschnitte einen Anteil von knapp 83 % aufweisen. Eine Veränderung der Verhältnisse ist erst mit dem weiteren Umbau des Emscher-Systems zu erwarten (s.u.). Die Einleitung von Grubenwässern stellt hier nur einen Teil des Schadstofffracht dar. Allerdings belastet die hohe Salzfracht stark die Reinigungswirkung der Kläranlagen. Die im Jahre 2005

mit den Grubenwässern in die Emscher eingeleitete Chlorid-Fracht belief sich auf rd. 5,9 kg/s.

Im Zuge des Emscher-Umbaus erfolgt eine komplette Umgestaltung der Wasserläufe sowie eine Entflechtung von Abwasser und natürlich abfließendem Oberflächenwasser. Die Abwässer sollen getrennt über ein Kanalsystem den Kläranlagen zugeführt werden. Der gesamte Umbau soll bis 2027 abgeschlossen werden. Ein Teil des Emscher-Oberlaufs ist bereits umgebaut. Bis zum Jahr 2008 werden die Kanäle an der Emscher zwischen Holzwickede und Dortmund-Deusen fertig gestellt sein. Zwischen Dortmund-Deusen und Dinslaken entsteht der 51 Kilometer lange Emscher-Kanal, der in einer Tiefe zwischen acht und 40 Metern verlaufen wird (Abb. B15; ALTHOFF & KETTELER, 2007). Die Planung des Emscher-Kanals wurde 2002 in Angriff genommen; die Planfeststellung wird voraussichtlich Ende 2007 abgeschlossen. Im Jahr 2008 ist der Baubeginn geplant; die Bauzeit ist mit mindestens 10 Jahren zu veranschlagen.

Das Grubenwasser soll künftig von den Nebenläufen der Emscher ferngehalten und direkt in die Emscher eingeleitet werden. Das Grubenwasser soll somit zukünftig auch nicht mehr der Kläranlage Emscher-Mündung zufließen, sondern in der Emscher verbleiben, da das Grubenwasser die Reinigungsleistung in der mechanischen und biologischen Stufe der empfindlichen Kläranlagen deutlich herabsetzt.

Um zukünftig aber für die Emscher einen ökologisch guten Zustand zu erreichen und damit auch den Anforderungen der WRRL zu genügen, sollten die Möglichkeiten einer Reduzierung der Chloridfrachten aus den Grubenwassereinleitungen überprüft werden.

Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs ist im Oberlauf der Emscher, wo das Steinkohlengebirge zutage tritt (Hydrogeologischer Homogenbereich 4) mit dem Zutritt von Grubenwässern in den Vorfluter zu rechnen. Im weiteren Verlauf der Emscher sind weitere Einwirkungen gegebenenfalls indirekt über den Zutritt der Grubenwässer in das oberflächennahe Grundwasserstockwerk in den klüftigen Oberkreideablagerungen nicht auszuschließen (Hydrogeologischer Homogenbereich 3). Die Auswirkungen der Grubenwasserzutritte auf die Gewässergüte hängen von der Menge und der Qualität der Grubenwasserzutritte ab. Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs sind daher hier entsprechend intensive Detailuntersuchungen und Monitoring-Maßnahmen erforderlich.

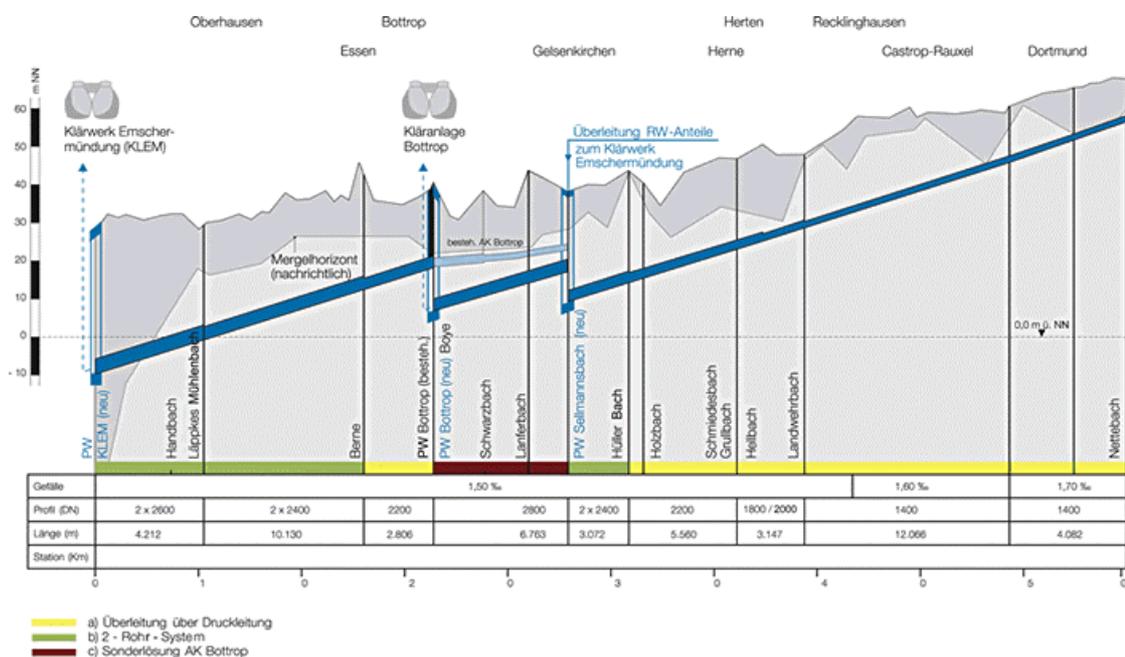


Abb. B15: Planungen für den Emscher-Kanal zwischen Dortmund und Klärwerk Emscher-Mündung (Quelle: ALTHOFF & KETTELER, 2007 bzw. www.emscherzukunft.de, 2007)

Im Zuge des Grubenwasseranstiegs sind auch mögliche Einwirkungen auf den Emscher-Kanal durch unregelmäßige Bodenhebungen zu berücksichtigen. Als Hauptader des Entwässerungssystems im zentralen Ruhrrevier wird dieser Kanal einer besonderen Überwachung bedürfen. Mögliche Risikobereiche müssen durch entsprechende Prognosen der im Zuge des Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Hebungsbewegungen frühzeitig ermittelt werden; ein Monitoring-System ist darauf abzustimmen. Entsprechende Maßnahmen sollten möglichst schon im Rahmen der Kanalbaumaßnahmen berücksichtigt werden.

Die **Ruhr** weist im Betrachtungsbereich etwa ab Fröndenberg Güteklasse II (mäßig belastet) auf. Ab der Einmündung der Lenne, die mit Güteklasse III bei Hagen in die Ruhr mündet, weist die Ruhr überwiegend Güteklasse II-III auf, womit eine deutliche Belastung dokumentiert wird. Über die Lenne treten u.a. Zink- und Sulfat-belastete Wässer zu. Mit dem Eintritt in den Bereich des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus im Raum Witten ist zunächst grundsätzlich keine signifikante Verschlechterung der Wasserqualität zu erkennen. Auch die hier aus dem südlich gelegenen Altbergbaubereich zwischen Hattingen und Wetter zutretenden Nebengewässer weisen überwiegend Gewässergüteklasse II auf. Insgesamt führen aber die bergbaulich bedingten Grubenwassereinleitungen (Zentrale Wasserhaltung) sowohl zu mengenmäßigen als auch zu stofflichen Belastungen der Ruhr-Wässergüte (vgl. Kap. 3.1.2). Die durch die Grubenwässer eingeleitete Chlorid-Fracht ist aber mit rd. 0,8 kg/s (2005) deutlich niedriger als bei den anderen Vorflutern. Das im Rahmen der Bestandsaufnahme für die Umsetzung der WRRL zugrunde gelegte Qualitätskriterium für Chlorid (≤ 200 mg Chlorid/l) wird in der Ruhr durchweg eingehalten. Eine im Hinblick auf die Bewertung der Gewässergüte relevante Chloridbelastung besteht im Ruhr-Einzugsgebiet daher nicht.

Auffällig verschmutzt ist der Ölbach (Güteklasse III-IV) im Süden von Bochum, der neben den Grubenwässern der Zentralen Wasserhaltung Robert Müser Abwässer aus Haushalten und Gewerbe aufnimmt. Vor der Mündung in die Ruhr wird das Wasser in der Kläranlage Bochum-Ölbach gereinigt.

Das Ruhr-Tal verläuft zwischen Hagen und Duisburg im Ausbissbereich des Steinkohlengebirges (Hydrogeologischer Homogenbereich 4). Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs sind Grubenwasserzutritte über die alten tagesnahen Abbaubereiche und Wasserlösungsstollen zu erwarten. Die möglichen Auswirkungen dieser Grubenwasserzutritte auf die Gewässergüte sind daher auf der Grundlage eines umfassenden Monitoring-Programms zur Erfassung von Qualität und Menge der aufsteigenden Grubenwässer frühzeitig zu bewerten.

Der **Rhein** weist im Niederrhein-Gebiet deutliche Belastungen durch Chlorid auf. Ursachen sind der Kalibergbau im Elsass, der Steinkohlenbergbau an der Saar (Vorbelastungen), Sumpfungswassereinträge aus dem Steinkohlenbergbau des Ruhrreviers sowie der Eintrag industrieller und kommunaler Abwässer.

Die Chloridbelastung des Rheins wird seit langem durch internationale Abkommen begrenzt. Der Chlorideintrag wird zeitlich so gesteuert, dass die Konzentrationen im Gewässer im Jahresgang fast kontinuierlich unterhalb von 200 mg/l liegen; das Qualitätskriterium für die Ist-Zustandsbeschreibung im Rahmen der Bestandsaufnahme für die WRRL wird damit eingehalten.

Die mengenmäßig größten Einträge von Sumpfungswässern erfolgten bisher direkt in den Rhein, über die Große Goorley und Fossa-Eugeniana (Bergwerk West) und bis zur Stilllegung des Bergwerks Lohberg über den Lohberger Entwässerungsgraben. An den kleineren Nebengewässern des linken Niederrheins werden durch Einleitun-

gen von Grubenwasser Überschreitungen des Qualitätsziels verzeichnet. Für den Rhein selbst ist die mengenmäßige Belastung durch Sumpfungswässer nicht signifikant; das natürliche Abflussgeschehen der kleineren Nebengewässer wird dagegen deutlich verändert.

Die Belastungen der Fließgewässer aus Sumpfungswassereinträgen erfolgt hauptsächlich durch den Eintrag an Salzfrachten (Chloride, Sulfate) und z.T. auch aus der Einleitung von Wassermengen mit erhöhter Temperatur. Die Chlorid-Fracht betrug 2005 rd. 7,8 kg/s.

Die biologische Gewässergüte der Nebengewässer sinkt aufgrund der Einleitung der Sumpfungswässer örtlich bis auf Güteklasse III-IV (sehr stark verschmutzt) ab (s. Anl. B24). Als weitere bergbauspezifische Belastungen des Niederrhein-Gebietes sind Radioaktivität sowie PCB zu berücksichtigen (s. Kap. 3.1.2).

Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs sind keine unmittelbaren Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Gewässergüte des Rheins und seiner Nebenflüsse zu besorgen. Das oberflächennahe Grundwasserstockwerk wird durch die basalen Lintforter Schichten gegen aufsteigende Grubenwässer geschützt (Hydrogeologischer Homogenbereich 1). Durch die Einstellung der Grubenwassereinleitungen kann eine erhebliche Verbesserung der Gewässergüte im Niederrhein-System erreicht werden.

4.5 Altlasten

Die Lage von Altlasten und Altlastverdachtsflächen ist heute weitgehend umfassend in den Altlastenkatastern der Kreise und Kommunen dokumentiert.

In den heutigen Polderflächen ist zukünftig keine signifikante Veränderung hinsichtlich der Altlastenproblematik zu erwarten. Hier werden dauerhaft Flurabstandsregulierende Maßnahmen erforderlich sein. Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs kann es hier gegebenenfalls zu verstärkten Wasserzutritten zu den Pumpwerken kommen.

Außerhalb der Reichweite der heutigen Pumpwerke ist eine Detailbetrachtung der Risiken einer Grundwasseranstiegs im Deckgebirge bzw. des Grubenwasseranstiegs erforderlich. Dies betrifft aber neben der Altlastenproblematik grundsätzlich die Frage der Vernässung von besiedelten Bereichen und der Beeinflussung von wasserwirtschaftlich relevanten Grundwasservorkommen.

Besondere Aufmerksamkeit ist dieser Problematik daher dort zu widmen, wo das Grubenwasser unmittelbar in Kontakt mit dem oberflächennahen Grundwasser treten kann (Hydrogeologische Homogenbereiche 3 und 4).

5 Standsicherheit der Tagesoberfläche

Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs sind Einwirkungen auf die Standsicherheit der Tagesoberfläche im Bereich des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus sowie außerhalb dieser Zone im Bereich von unzureichend gesicherten Schächten des tiefen Bergbaus zu besorgen (s. Anl. B3). Darüber hinaus sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand im gesamten Revier mögliche Einwirkungen infolge ungleichmäßiger Bodenhebungen an geologisch-hydrogeologischen oder bergbaulichen Unstetigkeitsstellen sowie in den Grenzbereichen zwischen Wasserprovinzen mit unterschiedlichem Flutungsverlauf zu berücksichtigen.

Grundsätzlich treten Einwirkungen auf die Geländeoberfläche in den Bereichen des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus sowie außerhalb dieser Zone im Bereich von unzureichend gesicherten Schächten des tiefen Bergbaus auch unabhängig vom Grubenwasseranstieg auf. Eine entsprechende Zusammenstellung der bei der Bezirksregierung Arnsberg dokumentierten Tagesbrüche zeigt Anl. B25. Seit den 1960'er Jahren wurden bei den Bergbehörden für den Bereich des Ruhrreviers rd. 1.500 Tagesbrüche dokumentiert; rd. 700 dieser Tagesbrüche liegen im Einflussbereich der zentralen Wasserhaltungen.

Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs werden ungünstige Lastfälle durchfahren, die ein erhöhtes Einwirkungspotenzial zur Folge haben können. Im Bereich des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus sind daher grundsätzlich folgende Einwirkungen zu erwarten:

- Tagesbrüche über Resthohlräumen des oberflächen- und tagesnahen Flözabbaus (Strecken und Abbauhohlräume)
- Tagesbrüche infolge von Füllsäulenabgängen auf ungesicherten Schächten

Die Auswirkungen des **oberflächen- und tagesnahen Bergbaus** auf die Tagesoberfläche bzw. auf das Gebirge sind u.a. abhängig von den bergbaulichen Gegebenheiten und der Teufenlage, der Lagerung, Ausbildung und Zerlegung der Hangendschichten sowie den hydrologischen Verhältnissen.

Kennzeichnendes Merkmal des tagesnahen Bergbaus ist, dass grundsätzlich mit Tagesbrüchen gerechnet werden muss, wobei keine zeitliche Begrenzung der Tagesbruchgefährdung gegeben ist. Die Mächtigkeit der tragfähigen Schichten reicht nicht aus, um über eine größere Grundfläche ein standsicheres Stützgewölbe auszubilden. Die Auswirkungen an der Oberkante der Felslinie pflanzen sich mit zunehmender Zeit auch durch die überlagernden Lockergesteine bis zur Tagesoberfläche durch. Auch im Bereich des oberflächennahen Bergbaus sind insbesondere Bodensenkungen viele Jahrzehnte nach Abschluss der Abbautätigkeit nicht auszuschließen.

Für die nach dem heutigen Stand der Technik **nicht dauerstandsicher verfüllten Schächte** können Sackungen bzw. ein Abgehen der Füllsäule nicht ausgeschlossen werden. Die Ursachen entsprechender Materialumlagerungen können vielschichtiger Natur sein. So kann z.B. das Verrotten von Holzbühnen oder die Erosion von Materialbrücken durch einsickerndes Niederschlagswasser oberhalb des Grubenwasserspiegels bei unvollständig verfüllten Schächten Füllsäulenabgänge bewirken.

Die Gefährdung der Schächte durch Nachsacken der Füllsäule ist bereits seit der Verfüllung des jeweiligen Schachtes vorhanden und zunächst unabhängig von dem

Anstieg des Grubenwasserspiegels. Durch den Anstieg des Grubenwassers findet jedoch eine grundlegende Veränderung des gebirgs- und bodenmechanischen Systems statt. Auf die Füllsäulen von Schächten und deren Standsicherheit kann sich der Grubenwasseranstieg ungünstig auswirken. Bei einem vollständig verfüllten Schacht kommt die Füllsäule entsprechend dem Grubenwasseranstieg von unten nach oben unter Auftrieb. Die Wassersättigung der Füllsäule führt zu einer Reduzierung der Scherfestigkeit, so dass insbesondere bei feinkörnigem Verfüllmaterial die Kornumlagerung auch eine generell höhere Lagerungsdichte bewirkt. Die Kornumlagerung macht sich in Sackungen bemerkbar.

Mit dem Grubenwasseranstieg werden auch zunehmend angeschlagene Strecken überstaut. Der i.Allg.. ungünstigste Lastfall ist dann vorhanden, wenn der Grubenwasseranstieg die Firste der Schachtanschlüge erreicht. Während der untere Bereich der Füllsäule und die Böschung in den Füllrörtern unter Auftrieb stehen und einen geringeren Reibungswinkel aufweisen, ist oberhalb des Grubenwasserspiegels die volle Last der Füllsäule vorhanden. Hierdurch findet eine deutliche Reduzierung der Standsicherheit insbesondere durch die reduzierte Scherfestigkeit und die Auftriebskräfte statt. Zusätzlich wird die Lagerungsdichte unterhalb des Grubenwasserspiegels erhöht, was zu einer weiteren Reduzierung der Standsicherheit führt. Zur Wiederherstellung der Standsicherheit ist eine größere Kraftübertragungsfläche von der Füllsäule auf das anstehende Gebirge erforderlich; diese stellt sich ein, indem ein Teil der Füllsäule oberhalb des Anschlages in die Strecke nachrutscht, bis sich wieder ein Gleichgewichtszustand ausbildet. Das Nachsacken der Füllsäule kann sich im ungünstigsten Fall bis zur Tagesoberfläche durchpausen.

Demgegenüber kann sich ein Grubenwasseranstieg in einer Füllsäule auch Standsicherheits-erhöhend auswirken. Dies betrifft z.B. die Verrottungsgefahr von Holzeinbauten. Bei einem Einstau der Holzeinbauten wird der Luftzutritt deutlich reduziert und somit die Verrottungsgeschwindigkeit minimiert. Auch wird der hydraulische Gefällegradient, der sich im Bereich geringer durchlässiger Schichten durch den Aufstau von Niederschlagswasser in der Füllsäule ausbilden kann, durch den Einstau dieser Schicht von unten kontinuierlich reduziert. Gleichzeitig werden die Transportvorgänge infolge Erosion, Suffosion und Kolmation minimiert.

Zusammenfassend kann für die Standsicherheit der Schächte festgestellt werden, dass beim Grubenwasseranstieg ungünstige Lastfälle durchfahren werden; der ungünstigste Lastfall wird in einem Schacht i.a. dann erreicht, wenn der Grubenwasseranstieg die Firste von Füllrörtern erreicht. Andererseits bewirkt der Anstieg des Grubenwasserspiegels langfristig eine Verringerung der Tagesbruchgefahr, da insbesondere das hydraulische Gefälle bei geringer durchlässigen Lagen innerhalb der Füllsäule durch den Grubenwasseranstieg und somit auch die Gefahr von Erosions-, Suffosions- und Kolmationsvorgängen reduziert wird.

Teil C - Grundlagen eines Monitoring-Systems für das Ruhrrevier

1 Prognosemodelle

Grundlage einer sicherheitlichen Planung und Abwicklung des Grubenwasseranstiegs sind ausreichend genaue Prognosewerkzeuge, die es erlauben, die möglichen Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs frühzeitig zu erkennen und gegebenenfalls erforderliche Schutz- und Sicherungsmaßnahmen zu ergreifen. Für das Ruhrrevier wurden und werden im Auftrag der DSK verschiedene Modellansätze zur Prognose einzelner Faktoren des Grubenwasseranstiegs und deren Auswirkungen erarbeitet. Darüber hinaus liegen insbesondere im Rahmen der Bewirtschaftung der oberflächennahen Grundwasservorkommen Grundwassermodelle der zuständigen Wasserverbände vor.

Das Monitoring-Programm im Rahmen des Grubenwasseranstiegs muss auch die erforderlichen Eingangsparameter der unterschiedlichen Modelle berücksichtigen. Durch das Monitoring-Programm können die Prognosemodelle laufend validiert werden. Nachfolgend wird zusammenfassend auf die wesentlichen Prognosemodelle eingegangen.

1.1 Boxmodell

Das von der DMT für das Ruhrrevier entwickelte Boxmodell stellt für die DSK das maßgebliche Werkzeug für die großräumige Prognose des zeitlichen Verlaufs des Grubenwasseranstiegs dar (FISCHER & WILDHAGEN, 2006). Das Modell arbeitet nach der Volumenbilanzmethode, was eine möglichst genaue Kenntnis der den einzelnen

Modelleinheiten („Boxen“) zu- und abströmenden Wasser sowie der hydraulischen Eigenschaften der Verbindungsstrecken erfordert. Die flächendeckende Einrichtung des Boxmodells für das Ruhrrevier ist noch nicht abgeschlossen.

Neben dem zeitlichen Verlauf des Grubenwasseranstiegs werden Wasserzuläufe und die hydrochemische Entwicklung des Grubenwassers prognostiziert. Dies dient derzeit vor allem der Planung der Wasserhaltung. Zur Prognose der Entwicklung der Grubenwasserqualität werden neben den Massenionen vor allem die im Rahmen der Einleitung in die Vorfluter als problematisch aufgetretenen Parameter wie z.B. Eisen, Mangan, Barium, Radium, Strontium berücksichtigt.

Im Weiteren ist eine Ankoppelung des Deckgebirges an das Boxmodell vorgesehen, um Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Grundwasserverhältnisse im Deckgebirge zu prognostizieren. Dazu ist zunächst eine Erfassung der hydraulischen und hydrochemischen Verhältnisse im Deckgebirge durch ein entsprechendes Monitoring erforderlich.

Im Hinblick auf eine gesamtheitliche Betrachtung der Problematik ist letztendlich auch eine Ankoppelung der für die oberflächennahen Grundwasservorkommen vorhandenen Grundwassermodelle erforderlich (s. Kap. 1.3).

1.2 Untersuchungen zur Entwicklung der Grubenwasserschichtung

Im Rahmen von Untersuchungen zur Ausbildung einer hydrochemischen Schichtung in den Standwassersäulen gefluteter Bergwerke wurde festgestellt, dass sich in Schächten und tiefen Bohrungen unabhängig vom Wasser-Typ Konvektionszellen mit in sich homogenen hydrochemischen Eigenschaften und scharfen Grenzen untereinander ausbilden (DMT, 1995). Entsprechende Schichtungen wurden in gefluteten Schächten sowohl während der Flutung als auch in noch betriebenen Wasserhaltungsschächten festgestellt. In den Schächten orientieren sich die Grenzen der hydrochemischen Schichten vorrangig an den Niveaus der angeschlossenen Sohlen. Die einzelnen hydrochemischen Schichten innerhalb der Standwassersäule eines Schachtes werden als Konvektionszellen gedeutet, die sich als Folge des geothermischen Gradienten ausbilden. Das an den Schachtstößen erwärmte Wasser steigt danach randlich im Schacht auf, kühlt sich dabei ab und sinkt in der Schachtmitte wieder ab. Sobald das absinkende Wasser wieder eine gewisse Temperatur erreicht hat, beginnt der Konvektionskreislauf erneut. Über die Reichweite dieser Konvektionszellen und die Entwicklung des Grubenwasserchemismus im Grubengebäude liegen keine konkreten Erkenntnisse vor. Zusammenfassend wird seitens DMT darauf hingewiesen, dass im Rahmen des Grubenwasseranstiegs die sich einstellenden Schichtungen auch als hydraulische Barriere zum Schutz oberflächennaher Grundwässer genutzt werden könnten.

Im Rahmen weitergehender numerischer Modellbetrachtungen wurde festgestellt, dass durch einen kontinuierlichen Zustrom von Süßwässern aus dem tagesnahen Schachtbereich eine Übersichtung von stark mineralisierten Tiefenwässern erzeugt und auf Dauer stabilisiert werden kann, wobei das von oben zuströmende Wasser über

die Sohlanschlüsse den Schacht verlassen kann (DMT, 2004). Die Zu- und Abflüsse über die an den Schacht angeschlossenen Sohlen stellen dabei die sensibelsten Randbedingungen der Modellierung dar. Eine Beeinflussung der Schichtenbildung durch erzwungene Konvektionsströme wird dagegen als unwahrscheinlich eingestuft. Für den Schacht Hermann I (Essen) konnte gemäß DMT (2004) anhand eines entsprechenden numerischen Modells eine plausible Erklärung der dort vorhandenen Übersichtung mit Süßwasser abgeleitet werden. Auch ein 1960 am Schacht I der Schachanlage Maximilian (Hamm) durchgeführter Schlucktest zeigt gemäß DMT (2004), dass eine Übersichtung salinärer Wässer durch eine Einleitung von Süßwasser erzielt werden kann. Allerdings muss mit einer erneuten Vermischung gerechnet werden, wenn der Süßwasserzustrom unterbrochen wird. Die vorliegenden Untersuchungen beschäftigen sich bisher mit der Abbildung der Verhältnisse an einzelnen Schächten; Aussagen zur Ausbildung einer Schichtung innerhalb einer Grube liegen bisher nicht vor. Dazu ist eine detaillierte Abbildung einzelner Gruben erforderlich.

Im Aachener und Südlimburger sowie im Erkelenzer Revier haben sich im Rahmen des Grubenwasseranstiegs signifikante Schichtungen innerhalb der Beobachtungsschächte zunächst nur dort ausgebildet, wo weiträumige hydraulische Verbindungen zu benachbarten hydraulischen Provinzen für einen Zustrom hydrochemisch unterschiedlicher Wässer auf bestimmten Sohlniveaus sorgten. Eine signifikante Schichtung im Sinne einer Ausbildung einer „Süßwasserkappe“ konnte erst allmählich nach vollständigem Einstau des Grubengebäudes und Einstau des Deckgebirgsniveaus festgestellt werden. In diesem Stadium werden die Fließvorgänge zunehmend langsamer und kleinräumiger, so dass eine hydrochemische Differenziation innerhalb der Wassersäule einsetzen kann und eine Übersichtung mit dem von oben zusickernden „süßen“ Deckgebirgswasser möglich wird.

Neben der horizontalen Schichtung der Grubenwässer ist insbesondere auch eine weitgehend eigenständige hydrochemische Entwicklung einzelner Grubenfelder zu berücksichtigen. Im Aachener und Südlimburger Revier haben sich innerhalb der großen hydraulisch miteinander verbundenen Wasserprovinzen („Westliche Wasserprovinz“ westlich des Feldbiss und „Östliche Wasserprovinz“ östlich des Feldbiss) in den einzelnen benachbarten Gruben sehr unterschiedliche hydrochemische Verhältnisse ausgebildet (Teil A, HEITFELD ET AL., 2005). Trotz der guten hydraulischen Verbindungen u.a. auch auf dem Niveau der untersten Hauptsohle haben sich die hydrochemischen Verhältnisse hier in Abhängigkeit von den lokalen Wasserzuflüssen entwickelt, ohne dass ein großräumiger Austausch stattgefunden hat; der Grubenwasseranstieg erfolgte dabei auf einem weitgehend einheitlichen Niveau. Dies zeigt insbesondere auch, dass sich der Grubenwasserchemismus in den höher gelegenen Wasserprovinzen trotz hydraulischer Verbindungen weitgehend unabhängig vom Chemismus der durch stark mineralisierte Tiefenwasserzutritte geprägten tiefen Bergbauzonen entwickeln kann. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung des Grubenwasserchemismus in den südlichen Bereichen des Ruhrreviers von Bedeutung.

Grundsätzlich zeigen die bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse und theoretischen Überlegungen, dass im Rahmen des Grubenwasseranstiegs in Abhängigkeit von den hydraulischen Wechselwirkungen der einzelnen Wasserprovinzen nach Flutung der Grubenbaue mit der Ausbildung einer hydrochemischen Schichtung gerechnet werden kann. Die Zutritte stark mineralisierter, Barium-reicher Solen über tief reichende Störungen insbesondere im nördlichen Teil des Ruhrreviers wird schon allein durch den steigenden hydrostatischen Druck verringert. Durch den verstärkten Zufluss oberflächennaher Süßwässer kann sich langsam eine „Süßwasserkappe“ ausbilden. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass sich innerhalb einer Wasserprovinz

in den einzelnen Gruben durchaus sehr unterschiedliche hydrochemische Verhältnisse einstellen können.

Um diese Vorgänge gezielt auch zur Steuerung des Grubenwasseranstiegs einzusetzen, sind aber weitergehende Detailuntersuchungen der hydraulischen Verhältnisse innerhalb des Ruhrreviers sowie insbesondere eine Mengenzahlung der unterschiedlichen Teilströme und ein intensives Monitoring zur Erhebung der erforderlichen Datengrundlagen erforderlich.

Derzeit werden seitens der DMT weitergehende Untersuchungen zum Thema „Dichte-Schichtung“ im Rahmen von F+E-Vorhaben bearbeitet. Auf der Grundlage der Untersuchungen sollen Modellwerkzeuge zur Prognose und Abbildung solcher Schichtungsvorgänge erarbeitet werden. Diese könnten dann gegebenenfalls auch an das Boxmodell angekoppelt werden.

Entscheidend bei diesen Betrachtungen ist allerdings, dass über den unmittelbaren Schachtbereich hinweg eine Prognose der flächenhaften Entwicklung des Grubenwasserchemismus innerhalb einer Wasserprovinz möglich sein sollte. Insbesondere im Hinblick auf die Problematik der Ausbildung einer flächenhaften Süßwasserkappe im Grenzbereich zwischen Grund- und Deckgebirge besteht daher weitergehender Forschungsbedarf.

1.3 Grundwassermodelle

Im Rahmen der Bewirtschaftung der wasserwirtschaftlichen Grundwasservorkommen u.a. im Hinblick auf Trinkwassergewinnung und Sumpfungmaßnahmen wurden von

den zuständigen Wasserverbänden (Emschergenossenschaft, Lippeverband, Lineg) und Behörden (Bezirksregierung) Grundwassermodelle erarbeitet.

So wurden z.B. im Rahmen der Planung der ökologischen Umgestaltung der Emscher durch die Emschergenossenschaft die Grundwassermodelle Emscher West und Emscher Mitte entwickelt. Im Vordergrund standen dabei die Auswirkungen von Veränderungen der Gewässersohlen und der Anlage von Rückhaltesystemen auf die Grundwasserflurabstände sowie die Wechselwirkung zwischen Grundwasser, Oberflächengewässern und Pumpwerken.

Im Rahmen von Planfeststellungsverfahren für Abbaurahmenbetriebspläne wurden seit 1999 Grundwassermodelle zur Ermittlung der Auswirkungen der vorgesehenen Abbaumaßnahmen auf die oberflächennahen wasserwirtschaftlich genutzten Grundwasserleiter gerechnet – z.B. Bergwerk Ost: „Grundwasserströmungsmodell Monopol“ (LIPPE GESELLSCHAFT FÜR WASSERTECHNIK, 05.2004); Bergwerk Lippe: „Grundwasserströmungsmodell Dorsten“ (LIPPE GESELLSCHAFT FÜR WASSERTECHNIK, 21.06.2005). Dabei wurden z.T. bestehende Grundwassermodelle überarbeitet (z.B. Grundwassermodell „Dorsten-West“) und an angrenzende Grundwassermodelle (z.B. Grundwassermodell „Marl“) angekoppelt.

Für den Bereich der Halterner Sande plant das StUA Herten die Entwicklung eines Grundwassermodells. Dazu wurde eine umfassende Recherche nach bereits vorhandenen numerischen Grundwassermodellen als Grundlage für eine Gesamtmodellierung des wasserwirtschaftlich bedeutsamen Aquifers durchgeführt (DMT, 12.2002).

Eine entsprechende Bestandsaufnahme der bereits vorhandenen Grundwassermodelle ist auch im Hinblick auf die Erfassung und Prognose der Auswirkungen des Gruben-

wasseranstiegs auf die oberflächennahen Grundwasservorkommen für das Ruhrrevier erforderlich.

1.4 Methan-Austritte an der Geländeoberfläche

Im Rahmen der bisherigen Teilflutungen wird u.a. das Boxmodell genutzt, um die Entwicklung der Entgasung im Grubengebäude unter Berücksichtigung des sukzessiven Einstaus der bergbaulichen Hohlräume abzuschätzen.

Weitergehende Untersuchungen der DMT zielen auf eine Prognose der Methan-Zuströmungen an der Tagesoberfläche ab, die aufgrund der sicherheitlichen Risiken insbesondere in bebauten Bereichen im Rahmen des Grubenwasseranstiegs von Bedeutung ist. Dabei sollen unter Berücksichtigung der Entwicklung des Grubenwasseranstiegs, des Entgasungspotenzials der vorhandenen Steinkohlenflöze sowie insbesondere auch der geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse im Deckgebirge flächenhaft für das Ruhrrevier Bereiche mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Methan-Ausgasungen ausgewiesen und so Problembereiche frühzeitig erkannt werden. Die Untersuchungsergebnisse sollen 2008 vorgelegt werden.

Entsprechende weitergehende Untersuchungen zur Erfassung der Methan-Migration im Deckgebirge werden auch an der Universität Münster durchgeführt (MELCHERS et al., 2007). Dabei soll insbesondere der Einfluss der hydrogeologischen Verhältnisse im Deckgebirge auf die Verteilung der Methan-Zuströmungen an der Tagesoberfläche für die Erarbeitung von Prognosewerkzeugen genutzt werden.

Mit den Ergebnissen dieser Untersuchungen stehen möglicherweise zukünftig wertvolle Werkzeuge für die sicherheitliche Gestaltung des Grubenwasseranstiegs bezüglich der Ausgasungsproblematik zur Verfügung.

1.5 Bodenhebungen

Hinsichtlich des Auftretens und der Auswirkungen von Bodenhebungen im Ruhrrevier liegen bisher keine konkreten Modellansätze vor. Die DSK hat 2006 mit einem F+E-Vorhaben begonnen, um weitere Erkenntnisse über die Einflussfaktoren der Bodenhebungen speziell für das Ruhrrevier zu gewinnen und ein geeignetes Vorausberechnungsmodell zu entwickeln (FISCHER & WILDHAGEN, 2006). Über die Inhalte und den Stand dieses Forschungsvorhabens liegen derzeit dem IHS keine konkreten Erkenntnisse vor.

Einen Überblick über den Stand der Forschung zur Erfassung der Ursachen und zur Vorausberechnung von Bodenhebungen infolge Grubenwasseranstieg liefert u.a. SROKA ET AL. (2006). Darin werden verschiedene Berechnungsansätze von Pöttgens (s. Teil A, PÖTTGENS, 1985 und 1998), von FENK (2000) und SROKA (2005) kritisch bewertet. Bei den Verfahren PÖTTGENS und FENK werden Hebungsbeträge im Wesentlichen in Abhängigkeit von den insgesamt aufgetretenen Abbau-bedingten Bodensenkungen ermittelt. Dies erfordert eine umfassende Bestandsaufnahme der bergbaulich bedingten Bodensenkungen insbesondere auch im Hinblick auf Unstetigkeitszonen.

Der Berechnungsansatz von SROKA basiert auf einem markscheiderisch geometrisch-integralen Modell zur Senkungsvorausberechnung. Dabei sollen vor allem der geo-

metrische Aufbau der Lagerstätte, die konkreten Abbauverhältnisse und auch Teufen- sowie Mächtigkeits-abhängige Dehnungskoeffizienten berücksichtigt werden. Das Verfahren von SROKA berücksichtigt nur Vorgänge innerhalb des Steinkohlengebirges, wobei eine Vielzahl von Kennwerten zur Verfügung stehen muss.

Anhand der bisherigen Erfahrungen aus dem Aachener und Südlimburger sowie insbesondere dem Erkelenzer Revier ist festzuhalten, dass neben den bergbaulichen Faktoren und tektonischen Verhältnissen insbesondere der Aufbau des Deckgebirges und die hydrogeologischen Verhältnisse eine wichtige Einflussgröße bei der Bewertung möglicher schädlicher Einwirkungen von Bodenhebungen auf die Geländeoberfläche darstellen (s. Teil A). Dies ist bei der Erarbeitung eines entsprechenden Prognosewerkzeuges für das Ruhrrevier unbedingt zu berücksichtigen.

Grundlage zukünftiger Prognosemodelle für das Ruhrrevier, insbesondere zur Erfassung von möglichen Risikobereichen, wird in jedem Falle eine umfassende Bestandsaufnahme u.a. von Abbaubereichen, Bodensenkungen, Unstetigkeitszonen sowie der Hydrogeologie des Deckgebirges sein müssen. Die im Rahmen einer solchen Bestandsaufnahme identifizierten maßgeblichen Einflussfaktoren und Risikobereiche müssen durch ein gezieltes Monitoring überwacht werden.

Um hinsichtlich der bergbaulichen sowie geologisch-hydrogeologischen Einflussfaktoren der einzelnen Prognosemodelle (u.a. Grubenwasser, Grubengas, Bodenhebungen) einheitliche Bewertungsgrundlagen zu gewährleisten, ist letztlich eine Kopplung aller Teilmodelle zu einem schlüssigen Gesamtmodell erforderlich. Über die hydrogeologische Bewertung der einzelnen bergbaulichen und geologisch-hydrogeologischen Einflussfaktoren muss dazu auch möglichst frühzeitig ein Konsens zwischen den beteiligten Stellen hergestellt werden.

2 Überwachungsmaßnahmen, -methoden

Neben den direkten Verfahren zur Erfassung von Standwasserniveaus, Zuflussmengen und hydrochemischer Beschaffenheit der Grubenwässer oder Bodenbewegungen sowie Grundwasserständen und Grundwasserqualitäten im Deckgebirge bieten u.a. verschiedene geophysikalische Methoden Möglichkeiten für eine großflächige Erhebung einzelner im Rahmen der Überwachung der möglichen Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs erforderlicher Grundlagendaten. Vielfach befinden sich diese Verfahren hinsichtlich ihrer Einsatzmöglichkeiten im Rahmen des Grubenwasseranstiegs allerdings noch in der Erforschungs- bzw. Erprobungsphase. Im Folgenden wird ein genereller Überblick über den Stand dieser Messverfahren gegeben.

2.1 Seismische Erfassung von Grubenwasserständen

Eine Möglichkeit zur großflächigen Erfassung von ansteigenden Standwasserniveaus in den Steinkohlengruben bietet nach Einschätzung von ORLOWSKY ET AL. (2006) die Seismik. Der Anstieg des Standwasserniveaus bewirkt eine Veränderung der physikalischen Eigenschaften des Gebirges, die durch Wiederholungsmessungen erkannt werden können. Die Auflösung solcher Verfahren wird mit 15 m angegeben. Die Verwendbarkeit dieser Methode im Steinkohlenbergbau wird im Rahmen eines von der DSK und DMT eingerichteten F+E-Vorhabens überprüft; dabei soll ein Teufenbereich bis 1.000 m erfasst werden. Modellrechnungen wurden bereits durchgeführt; Messungen sind geplant. Um Störungen im oberflächennahen Bereich auszuschalten, werden die Geophone in bestehenden Bohrungen in etwa 25 m Tiefe unter-

halb des natürlichen oberflächennahen Schwankungsbereiches der Grundwasserstände und -temperaturen einzementiert.

Diese Untersuchungen bieten nach Einschätzung von ORLOWSKY ET AL. (2006) eine Möglichkeit, gerade auch in dicht besiedelten Bereichen ausreichende Erkenntnisse über den Verlauf des Grubenwasseranstiegs zu gewinnen. Ein Einsatz dieses Verfahrens ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn der Grubenwasseranstieg durch die verfügbaren Lotungsstellen nicht mit ausreichender räumlicher Auflösung erfasst werden kann; dabei muss die mögliche Auflösung von 15 m berücksichtigt werden. Die Randbedingungen für eine zuverlässige Erfassung von Grubenwasserstandsschwankungen mit dieser Methode muss noch durch entsprechende weitergehende Studien belegt werden. Dazu könnten Teilanstiege im Rahmen der Anpassung von Wasserhaltungsmaßnahmen insbesondere im Stilllegungsbereich der zentralen Wasserhaltung genutzt werden.

Für eine Bestandsaufnahme der derzeitigen Standwasserniveaus in den einzelnen Wasserprovinzen mit einer Erfassung von hydraulisch isolierten Bereichen, in denen das Standwasserniveau bereits deutlich höher liegt bzw. bis zum Vorflutniveau angestiegen ist, ist dieses differenzielle Verfahren nicht geeignet.

2.2 In-Situ-Messtechnik

Eine weitere Methodik zur Erfassung der Entwicklung des Grubenwasseranstiegs in abgeworfenen Grubenteilen bietet die In-Situ-Messtechnik. Dazu müssen die entsprechenden Überwachungsbereiche vor der Stilllegung und Abdämmung mit entsprechender Messtechnik ausgerüstet werden. Ein entsprechendes F+E-Vorhaben zur

Erprobung der In-Situ-Messtechnik wird derzeit seitens DSK und DMT durchgeführt. In Teilbereichen (Flutung Haltern) erfolgte bereits eine Erprobung vor Ort; Untersuchungsergebnisse liegen dem IHS bisher nicht vor.

Diese Verfahren bieten eine Möglichkeit mit vergleichbar geringerem Aufwand ohne direkte Lotungsstellen (i.a. Schächte) die Entwicklung von Standwasserniveaus und der Hydrochemie des Grubenwassers gegebenenfalls auch in entlegenen Grubenbereichen zu überwachen. Besonderes Augenmerk ist dabei auf die Funktionstüchtigkeit der Messeinrichtungen und Versorgungsleitungen zu richten, da eine Beschädigung durch verstürzende Grubenbaue ausgeschlossen werden muss. Die Randbedingungen für den Einsatz solcher Verfahren müssen daher noch geklärt werden.

2.3 Erfassung von Bodenbewegungen mittels Satellitendaten

Als Alternative zur terrestrischen Erfassung von Bodenbewegungen mittels Nivellement wurden im Rahmen eines F+E-Vorhabens seitens der DMT die Möglichkeiten der Nutzung von Radarsatellitenaufnahmen überprüft. Bei dem sogenannten DINSAR-Verfahren werden die Daten mehrerer Aufnahmen von Radarsatelliten so ausgewertet, dass eine flächenhafte Bestimmung von relativen Bodenbewegungen möglich ist. Eine der wichtigsten Einflussgrößen ist dabei die Landnutzung. Bei optimalen Verhältnissen (städtische Bebauung) ist gemäß KORITZKE ET AL. (2004) eine Auflösung bis in den Subzentimeterbereich möglich. Eine Überprüfung des Verfahrens erfolgte u.a. für den Bereich der Grube Sophia-Jacoba (Erkelenz), wo nach Einstellung der Wasserhaltung im Jahre 1997 im Rahmen des Grubenwasseranstiegs flächenhaft Bodenhebungen auftreten. Ein Vergleich mit den Ergebnissen der terrest-

rischen Vermessung ergab unter Berücksichtigung der Randbedingungen eine generelle Übereinstimmung. Aufgrund der flächenhaften Erfassung und der kurzen Abstände der Wiederholungsmessungen (abhängig von der Satellitenlaufbahn im günstigsten Fall alle 35 Tage) ist gegenüber dem terrestrischen Nivellement grundsätzlich eine deutlich höhere Informationsdichte möglich.

Aufgrund der flächenhaften Erfassung weiträumiger Hebungsbereiche erlaubt das Verfahren eine Erfassung potenzieller Risikobereiche auch außerhalb der Messlinien des terrestrischen Nivellements. Es könnte daher eine Ergänzung zum Leitnivellement darstellen und möglicherweise eine Überprüfung des vorhandenen Messnetzes im Hinblick auf eine ausreichende Erfassung z.B. schadensrelevanter Bodenbewegungsbereiche erlauben.

2.4 Mikrobeben

Die im Ruhrgebiet durch den aktiven Bergbau induzierten Mikrobeben werden von der Ruhr-Universität Bochum aufgezeichnet. Das Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik betreibt ein Netz mit sieben seismologischen Stationen, mit dem Bodenbewegungen, die durch Erdbeben verursacht werden, gemessen werden können. Die im Zeitraum von 1983 bis 2003 im Ruhrgebiet erfassten seismischen Ereignisse sind in Abb. C1 zusammengestellt. Die Lage der Epizentren markiert die Abbaubereiche der DSK.

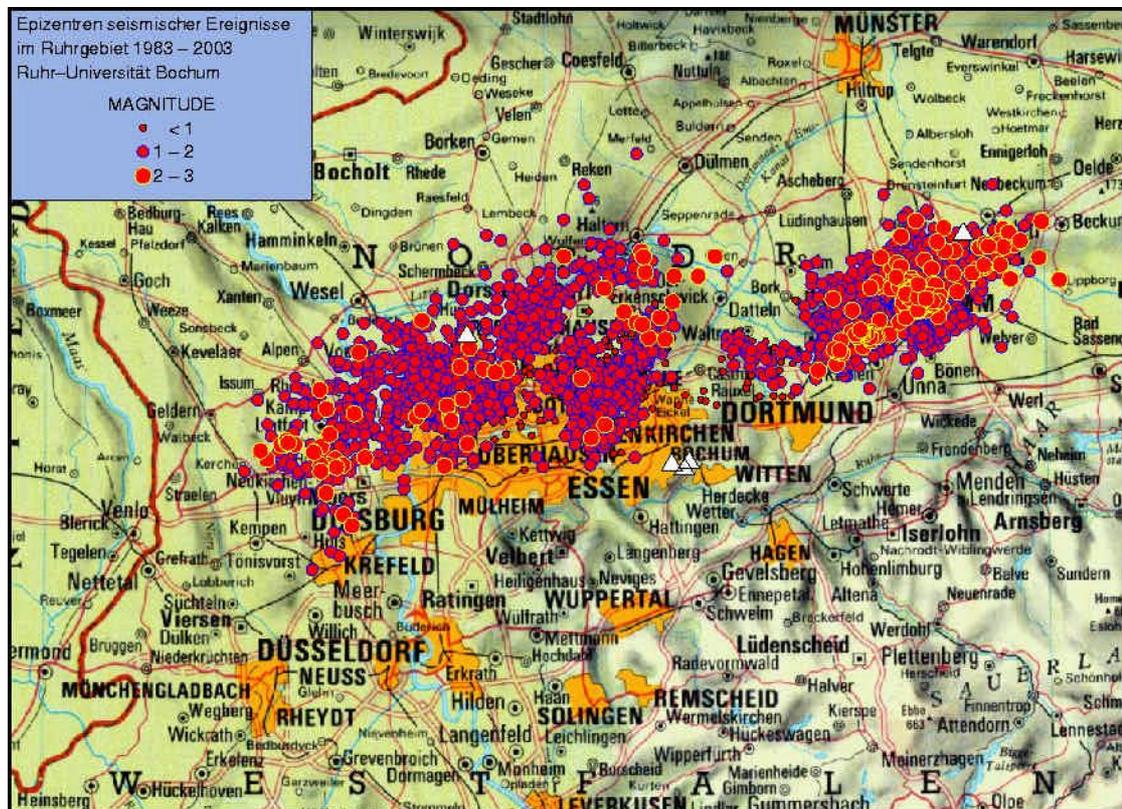


Abb. C1: Epizentren seismischer Ereignisse im Ruhrgebiet 1983 bis 2003 (Quelle: www.geophysik.ruhr-uni-bochum.de/seisobs/stations/index.html, 2007)

Im Sommer 2006 wurden darüber hinaus im Bereich Hamm (Bergwerk Ost) 15 über-tägige und 6 untertägige Stationen zur Erfassung von seismogenen Gesteinsschichten installiert (BISCHOFF ET AL., 2007). Die Untersuchungen sollen die Grundlage für eine frühzeitige Erkennung von seismogenen Gesteinsschichten im Rahmen der Abbauplanung liefern.

Die seismisch erfassten Ereignisse lassen sich nach GALE (2001, zitiert in BIVOUR, 2007) u.a. als Scherbrüche im intakten Gestein bzw. an Schichtflächen oder als Reaktivierung bereits vorhandener Bruchflächen zurückführen.

Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs erlaubt die Erfassung solcher Bruchvorgänge möglicherweise die Bewertung von Veränderungen im hydraulischen Regime (z.B.

veränderte Anstiegsgeschwindigkeiten bei Verbruch von hydraulisch wirksamen Verbindungen zwischen verschiedenen Wasserbassins) oder auch die Erfassung von ungleichmäßigen Bodenhebungen an tektonischen Störungszonen.

Das mögliche Informationspotenzial dieser Messdaten im Rahmen des Grubenwasseranstiegs müsste letztlich noch überprüft werden.

3 Annahmen für das bergbaulich-geologisch-hydrogeologische Modell

Die in Kap. 6.1 als Grundlage für ein Monitoring-System definierten Überwachungszonen und -Module beschreiben im Wesentlichen unterschiedliche Einwirkungspotenziale des Grubenwasseranstiegs in Abhängigkeit von der Höhe des Standwasserniveaus im Steinkohlengebirge. Die Einwirkungspotenziale hängen ab von dem relativen Anstiegsniveau (Steinkohlengebirge/Deckgebirge) und dem Vorhandensein von natürlichen Schutzmechanismen (hydraulische Barrieren, gasdichte geologische Formationen, Grubenwasserschichtung), die Einwirkungen auf Schutzgüter (z.B. Grundwasser, Tagesoberfläche) dämpfen oder verhindern.

Da über die verschiedenen Schutzmechanismen heute noch keine ausreichenden Erkenntnisse für eine konkrete Bewertung der möglichen Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs vorhanden sind, müssen im Rahmen der vorliegenden Betrachtungen auf der Grundlage der in Teil B beschriebenen generellen Verhältnisse Annahmen getroffen werden. Diese sind durch weitergehende Untersuchungen (Forschungsbedarf) zu verifizieren bzw. die möglichen Einwirkungen z.B. durch entsprechende Modellbetrachtungen zu quantifizieren. Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen auf der Grundlage des in Teil B beschriebenen bergbaulich-geologisch-hydrogeologischen Modells des Ruhrreviers für ein Monitoring-System zugrunde gelegten Annahmen sind im folgenden zusammenfassend zusammengestellt.

3.1 Hydraulische Verbindungen innerhalb des Steinkohlenreviers (Wasserprovinzen) und Entwicklung des Grubenwasseranstiegs

Auf der Grundlage des derzeitigen Kenntnisstandes und unter Berücksichtigung der Randbedingungen und Schutzziele der derzeit betriebenen Wasserhaltungsmaßnahmen wird davon ausgegangen, dass die einzelnen Wasserprovinzen der zentralen Wasserhaltung sowie die heute noch aktiven Bergwerke des Ruhrreviers flächenhaft untereinander hydraulisch in Verbindung stehen.

Bei einem durch aktive Wasserhaltungsmaßnahmen unbeeinflussten Grubenwasseranstieg wäre daher zunächst die Auffüllung der nördlichen Wasserprovinzen mit tief abgesenkten Standwasserniveaus zu erwarten. Dabei würde sich ein generelles Strömungsgefälle von Süden nach Norden einstellen, wobei die in den südlichen Wasserprovinzen verstärkt auch aus dem Deckgebirge zutretenden geringer mineralisierten Wässer zu einer Verbesserung der Wasserqualitäten in den nördlichen Wasserprovinzen führen würde. Mit dem sukzessiven Auffüllen der einzelnen Bassins und dem Ausgleich der Standwasserniveaus würde sich langfristig innerhalb des heutigen Einflussbereiches der Wasserhaltungen in einer Schwankungsbreite von mehreren 10'er Metern ein weitgehend einheitliches Standwasserniveau einstellen. Dies kann unter Berücksichtigung des topographischen Gefälles auch zur Folge haben, dass sich in den nördlichen Revierteilen Druckhöhen deutlich über den ehemals natürlichen, vom Bergbau unbeeinflussten Druckhöhen einstellen.

Im Rahmen der Überwachung des Grubenwasseranstiegs ist aber zu berücksichtigen, dass die längerfristige hydraulische Wirksamkeit der einzelnen Übertrittsstellen nicht sicher prognostiziert werden kann und so in Teilbereichen des Reviers durchaus unterschiedliche Anstiegsszenarien stattfinden können. Weiterhin ist bekannt, dass

bereits heute in hydraulisch eigenständigen Teilbereichen innerhalb des Einflussbereiches der zentralen Wasserhaltung, der Grubenwasseranstieg bis in Oberflächennähe erfolgt ist. Dies ist im Rahmen des Monitorings zu berücksichtigen; hydraulisch eigenständige Bereiche sind frühzeitig zu identifizieren.

Tatsächlich wird der Verlauf des Grubenwasseranstiegs von der gezielten Steuerung der Wasserhaltungsmaßnahmen abhängen. Die DSK plant eine dauerhafte Wasserhaltung auf einem bisher noch nicht festgelegtem Niveau (FISCHER & WILDHAGEN, 2006), wobei die Grubenwässer möglichst zentral, Rhein-nah (Bergwerk Lohberg) gehoben und direkt in den Rhein eingeleitet werden sollen.

Ein konkretes Szenario unter wissenschaftlich fundierter Abwägung aller betroffenen Schutzgüter existiert bisher aber nicht.

3.2 Entwicklung des Grubenwasserchemismus im Verlauf des Grubenwasseranstiegs

Nach dem derzeitigen Kenntnistand ist davon auszugehen, dass sich im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zunächst in Abhängigkeit von den Strömungsverhältnissen eine differenzierte Schichtung unterschiedlicher Wasserzuläufe einstellen wird. In Abhängigkeit von den hydraulischen Verbindungen kann es im Rahmen der Auffüllung des Grubengebäudes unter instationären Verhältnissen und vielfach turbulenten Strömungsverhältnissen zunächst zu einer Durchmischung unterschiedlicher Grubenwasserqualitäten kommen. Eine konkrete Prognose ist nur im Rahmen einer detaillierten Modellbetrachtung möglich. Dies betrifft auch die Frage einer gezielten Übersichtung durch Süßwasserzufuhr.

Grundsätzlich muss zunächst davon ausgegangen werden, dass insbesondere in der **nördlichen, heute aktiven Zone des Bergbaus**, wo die natürlichen Wasserzuläufe im Wesentlichen aus dem Steinkohlegebirge und nur zu einem geringen Teil aus dem Deckgebirge stammen (Zone C nach HAHNE & SCHMIDT, 1982) zunächst stark mineralisierte, Barium-reiche Grubenwässer in das Deckgebirgsniveau ansteigen werden. Bei der Bewertung der möglichen Auswirkungen ist zu berücksichtigen, dass entsprechende Grundwasserqualitäten hier auch natürlicherweise im basalen Deckgebirgsaquifer vorhanden sind. Durch gezielte Zuflüsse geringer mineralisierter Grubenwässer aus dem Bereich der zentralen Wasserhaltung kann die Gesamtmineralisation der Mischwässer in den nördlichen Flutungsbereichen verringert werden.

Im **Einflussbereich der Zentralen Wasserhaltung**, wo der Einfluss zusickernder Deckgebirgswässer nach Süden sukzessive zunimmt (Zone B nach HAHNE & SCHMIDT, 1982), kann dagegen im Zuge des Grubenwasseranstiegs in stärkerem Umfang mit einem Zurückdrängen stark mineralisierter, Barium-reicher Tiefenwässer und der Ausbildung einer Süßwasserkappe gerechnet werden. Die Ausbildung einer stabilen hydrochemischen Schichtung ist allerdings erst im Rahmen der Einstellung stationärer Fließverhältnisse zu erwarten, wenn die Auffüllung der Grubengebäude mit dem Einstau des Deckgebirgsniveaus abgeschlossen ist. In dieser Phase kann durch gezielte Zufuhr von Süßwässern oder geringer mineralisierten Grubenwässern aus den südlichen Wasserprovinzen gegebenenfalls auch eine Überschichtung der stark mineralisierten Tiefenwässer erreicht werden. Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs ist daher zunächst grundsätzlich davon auszugehen, dass stärker mineralisierte Grubenwässer in das Deckgebirgsniveau aufsteigen und hier zu einer Aufsalzung im basalen Aquifer führen können. Bei der Bewertung der möglichen wasserwirtschaftlichen Auswirkungen ist aber zu berücksichtigen, dass das Grundwasser in den Ceno-

man/Turon-Schichten auch im südlichen Teil des Reviers z.T. bereits natürlicherweise eine erhebliche Mineralisation aufweist.

In den **südlichen Randbereichen des Reviers**, wo das Steinkohlengebirge ohne signifikante Deckgebirgsüberlagerung zutage tritt und flächenhaft Niederschlagswasser versickert (Zone A nach HAHNE & SCHMIDT, 1982) ist dagegen im Verlauf des Grubenwasseranstiegs mit einer sukzessiven Aussüßung der Grubenwässer zu rechnen. Hier sind primär die Sulfat- und Eisen-Belastungen der aufsteigenden Grubenwässer im Hinblick auf mögliche wasserwirtschaftliche Einwirkungen zu bewerten.

Letztlich wird auch die Entwicklung des Grubenwasserchemismus entscheidend von der Steuerung der Wasserhaltungsmaßnahmen abhängen. Die tatsächliche Entwicklung des Grubenwasserchemismus im Hinblick auf eine Teufen-abhängige Differentiation ist daher im Rahmen des Monitorings z.B. durch entsprechende Tiefenlogs in den Lotungsstellen zu erfassen.

3.3 Entwicklung der Methan-Ausgasung im Verlauf des Grubenwasseranstiegs

Mit dem Anstieg des Grubenwassers und der Auffüllung der bergbaulichen Hohlräume wird das Grubengas sukzessive verdrängt, der Gasdruck in der Grube steigt an. Das Grubengas wird einerseits in das Deckgebirge migrieren und andererseits seinen Weg in benachbarte, höher gelegene Grubenteile suchen. Das Gas kann hier vertikal über Störungszonen oder bergbauliche Auflockerungszonen zur Tagesoberfläche migrieren oder in den Cenoman/Turon-Schichten, unterhalb des Emscher-Mergels nach Süden aufsteigen, wo es dann in der Ausbisszone dieser Schichten zutage austritt. In Abhängigkeit von den lokalen geologisch-hydrogeologischen Verhältnissen

sind diese Migrationspfade im Rahmen eines Monitorings zu erfassen. Hinsichtlich des Einwirkungspotenzials werden die in Teil B, Kap. 3.2, für die einzelnen Hydrogeologischen Homogenbereiche getroffenen Annahmen zugrunde gelegt.

Der Aufstieg der Gase im Deckgebirge wird aufgrund der druckabhängigen Löslichkeitsverhältnisse durch den hydrostatischen Druck innerhalb des Grundwassererfüllten Deckgebirges eingeschränkt. Mit der Flutung der bergbaulichen Hohlräume und dem Abbau des kritischen Gasdruckes in den überlagernden Deckgebirgsschichten endet die kritische Phase der Ausgasung. Über die mögliche Entwicklung der Entgasung in Zusammenhang mit einer mikrobiellen Methan-Bildung nach Flutung der Grubenbaue liegen bisher keine gesicherten Erkenntnisse vor.

Durch aktive Absaugmaßnahmen z.B. im Rahmen einer Verwertung des Grubengases kann die Problematik der Methan-Austritte an der Tagesoberfläche erheblich entschärft werden. Neben Austritten an der Geländeoberfläche sind auch erhöhte Methan-Gehalte der in den Cenoman/Turon-Schichten verfilterten Mineralbrunnen bei der Überwachung zu berücksichtigen.

3.4 Bodenhebungen

In den aktiven Bergwerken sind nach Einstellung der Abbautätigkeit über einen Zeitraum von in der Regel 5 Jahren Restsenkungen zu erwarten. Danach ist auch hier, wie in den bisherigen Stilllegungsbereichen, im Rahmen des Grubenwasseranstiegs unmittelbar mit dem Einsetzen von Bodenhebungen zu rechnen. Mit dem Einstau des Deckgebirges und möglichen Einwirkungen auf die Druckniveaus der Grundwasserkörper im Deckgebirge sind nochmals stärkere Bodenbewegungen zu erwarten. Scha-

densrelevante Hebungsdimensionen sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand insbesondere dort zu erwarten, wo im Zuge des Grubenwasseranstiegs z.B. an tektonischen Störungen ein deutlich unterschiedlich starker Wiederanstieg von Grundwasserständen im Deckgebirge erfolgt.

In diesem Zusammenhang kommt der Bewertung und Überwachung der Grundwasserhältnisse im Deckgebirge eine besondere Bedeutung zu.

Ein Monitoring-System zur Erfassung von Bodenbewegungen ist auf diese Phasen des Grubenwasseranstiegs abzustimmen. Für die Detailfestlegung von Vermessungslinien müssen zunächst die bergbaulichen Grundlagen erarbeitet (großräumige Erfassung der Bergsenkungs- und Schadensbereiche) und die Ursachen der Bodenhebungen wissenschaftlich erforscht werden.

Bezüglich der im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu erwartenden Bodenhebungen liegen bisher noch keine Untersuchungsergebnisse vor, die eine konkrete Zonierung im Hinblick auf bevorzugte Einwirkungs- und Risikobereiche erlauben. Daher ist eine Überwachung der Bodenbewegungen im Rahmen eines Monitorings zunächst in gleicher Erfassungsdichte im gesamten Revier erforderlich.

3.5 Hydrogeologische Homogenbereiche „HY“

In Abhängigkeit von der Ausbildung des Deckgebirges und dem Vorhandensein von Bereichen des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus sind in den unterschiedlichen Bereichen des Reviers unterschiedliche Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs zu besorgen. Die im Hinblick auf das im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen

aufzustellende Monitoring-System zugrunde gelegten Einwirkungspotenziale sind im Folgenden für die einzelnen in Teil B definierten Hydrogeologischen Homogenbereiche (Anl. B14) zusammenfassend aufgeführt.

3.5.1 HY 1

Der Hydrogeologische Homogenbereich 1 ist im Wesentlichen gekennzeichnet durch:

- eine oberflächennahe flächenhafte hydraulische, weitgehend auch gasdichte Barriere (Ratinger Ton und Lintforter Schichten) im Liegenden der Grundwasservorkommen mit hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung (Rhein-Terrassen)
- vereinzelte Grundwasserentnahmen aus dem unmittelbaren Liegenden der hydraulischen Barriere (Mineralbrunnen in den Walsumer Schichten)
- im nördlichen Teil eine flächenhaft verbreitete hydraulische Barriere an der Deckgebirgsbasis (Zechstein), geringe Wasserzutritte aus dem Deckgebirge
- im südwestlichen Teil lagern Grundwasserleitende Buntsandstein-, Kreide- und Tertiär-Schichten auf dem Karbon; über die Grundwasserverhältnisse in den basalen Deckgebirgsschichten und die Wasserzuflüsse in das Karbon lagen im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung keine Detailangaben vor.

Im Zuge des Grubenwasseranstiegs sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand vor allem folgende Auswirkungen zu berücksichtigen:

- Verringerung der Versickerung von Deckgebirgswässern in das Grubengebäude nach Flutung des Steinkohlegebirges (insbesondere im südwestlichen Teil außerhalb der Zechsteinverbreitung);

Die sukzessive Verringerung der Zusickerungen aus dem Deckgebirge in das

- Steinkohlengebirge im Zuge der Flutung des Steinkohlengebirges kann in Abhängigkeit von den derzeitigen Versickerungsmengen zu einem mehr oder weniger signifikanten Anstieg der Druckhöhen im Deckgebirge führen;
- zugleich ist mit der Abnahme der Druckhöhendifferenzen zwischen dem Standwasserniveau im Steinkohlengebirge und dem basalen Deckgebirgsstockwerk mit einer zunehmenden Vermischung von Gruben- und Deckgebirgschwässern an der Deckgebirgsbasis zu rechnen;
 - inwieweit sich diese Mischzone in das Hangende hinein erstrecken wird, lässt sich im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen nicht angeben; dies ist im Zuge des Monitorings zu klären;
 - eine Beeinflussung der Mineralbrunnen im Liegenden des Ratinger Tons ist daher derzeit nicht auszuschließen;
qualitative Auswirkungen auf die oberflächennahen Grundwasservorkommen im Hangenden der Lintforter Schichten sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht zu besorgen;
 - auch eine signifikante Veränderung der oberflächennahen Grundwasserstände im Hangenden der Lintforter Schichten ist nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht zu besorgen (Einfluss Sumpfungmaßnahmen in Polderflächen);
 - für eine konkrete Bewertung ist eine Detailanalyse der hydrogeologischen Verhältnisse im Deckgebirge erforderlich;
 - im Rahmen des Grubenwasseranstiegs ist im Wesentlichen im südwestlichen Teil außerhalb der Zechstein-Verbreitung mit einer diffusen Entgasung in das Deckgebirge zu rechnen; Methan-Austritte an der Tagesoberfläche sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand - außer über alte Schächte - nicht zu erwarten.

Im Rahmen des Monitorings sind in diesem Bereich neben der Entwicklung des Grubenwassers zu überwachen:

- Veränderung der Druckniveaus, der Grundwasserqualitäten und der Gasführung im basalen Deckgebirgsaquifer (Buntsandstein/Kreide/Tertiär) als Vorzeichen einer möglichen Beeinflussung von Mineralbrunnen oder oberflächennaher Grundwassernutzungen (Trinkwassergewinnung)
- Überwachung möglicher Methan-Austritte im Bereich von Schächten des Altbergbaus

3.5.2 HY 2

Der Hydrogeologische Homogenbereich 2 ist im Wesentlichen gekennzeichnet durch:

- einen basalen, nach Süden hin ansteigenden Cenoman/Turon-Aquifer mit stark mineralisierten Grundwässern und oberflächennahem Druckniveau;
 - eine mächtige hydraulische und im wesentlichen auch gasdichte Barriere (Emscher-Mergel) zwischen dem basalen Deckgebirgsstockwerk und dem im nördlichen Teil intensiv wasserwirtschaftlich genutzten oberflächennahen Grundwasserstockwerk;
 - einzelne Mineralbrunnen in den Cenoman/Turon-Schichten;
 - Wasser- und Gas-Wegsamkeiten durch den Emscher-Mergel hindurch treten im Wesentlichen im östlichen Hydrogeologischen Homogenbereich 2b entlang von stärkeren bergbaulichen Auflockerungszonen bzw. tektonischen Störungszonen auf;
- im westlichen Hydrogeologischen Homogenbereich 2a sind nach Abklingen der

Abbaueinwirkungen signifikante Wasser- und Gas-Wegsamkeiten durch den Em-scher-Mergel nicht zu erwarten.

Im Zuge des Grubenwasseranstiegs sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand vor allem folgende Auswirkungen zu berücksichtigen:

- Im Rahmen der Flutung des Steinkohlengebirges kommt es zunächst zu einem Aufstieg von Grubengas in den basalen Cenoman/Turon-Aquifer
 - im Hydrogeologischen Homogenbereich 2a erfolgt die Migration des Grubengases bevorzugt innerhalb des Cenoman/Turon-Aquifers aufsteigend nach Süden in die Ausbisszone der Cenoman/Turon-Schichten (Hydrogeologischer Homogenbereich 3)
 - im Hydrogeologischen Homogenbereich 2b erfolgt die Migration des Grubengases im Deckgebirge sowohl vertikal über Störungen und bergbauliche Auflockerungszonen zur Tagesoberfläche als auch innerhalb des Cenoman/Turon-Aquifers aufsteigend nach Süden;
 - Ausgasungen an der Tagesoberfläche sind im Hydrogeologischen Homogenbereich 2a unwahrscheinlich (nur im Bereich von größeren tektonischen Störungszonen nicht auszuschließen), im Hydrogeologischen Homogenbereich 2b lokal aber in bergbaulichen und/oder tektonischen Bruchzonen möglich; im Hydrogeologischen Homogenbereich 2b sind insbesondere neben den Ausgasungen aus dem Steinkohlengebirge auch Ausgasungen aus dem Deckgebirge zu berücksichtigen, die gegebenenfalls unabhängig vom Grubenwasseranstieg erfolgen.
- Mit der vollständigen Flutung des Steinkohlengebirges geht auch die Zusickerung aus dem Deckgebirge zurück.

In Bereichen, in denen im Zuge der Wasserhaltung verstärkte Wasserzutritte aus dem Deckgebirge aufgetreten sind, ist mit einem Anstieg der Druckhöhen im basalen Deckgebirgsaquifer zu rechnen; dies betrifft zuerst den Bereich der zentralen Wasserhaltung sowie den östlichen Teil des Reviers (Hydrogeologischer Homogenbereich 2b).

- Im Bereich der aktiven Bergwerke im nördlichen Teil des Reviers ist der Zufluss von Deckgebirgschwässern innerhalb des Hydrogeologischen Homogenbereichs 2a dagegen auch in der Betriebsphase bereits insgesamt gering („Zone C“ nach HAHNE & SCHMIDT, 1982; Deckgebirgsmächtigkeit > 400 m); daher sind hier im Rahmen des Grubenwasseranstiegs auch keine signifikanten Veränderungen im Cenoman/Turon-Aquifer zu erwarten.
- Der Anstieg des Druckniveaus innerhalb der Cenoman/Turon-Schichten kann zu einem sukzessiven Anstieg der Wasserspiegelhöhen und einer Verlagerung der Süßwasser/Salzwassergrenze auch im südlichen Ausbissbereich dieses Aquifers führen (Hydrogeologischer Homogenbereich 3, „Hellweg-Zone“).
- Die Verlagerung der Salzwasser/Süßwassergrenze im Hydrogeologischen Homogenbereich 3 kann zu einer Aufsatzung von Mineralbrunnen sowie einem verstärkten Übertritt mineralisierter Wässer aus den Cenoman/Turon-Schichten in das oberflächennahe Grundwasserstockwerk über die südliche Kontaktzone im Emscher-Mergel führen; dies würde aber im Wesentlichen eine weitergehende Unterschichtung der Süßwässer des oberflächennahen Grundwasserstockwerks bewirken, wie sie bereits heute bekannt ist.

Eine Beeinflussung lokaler Wassergewinnungsanlagen in den oberflächennahen Emscher-Mergeln ist dabei nicht auszuschließen.

- Eine direkte signifikante Beeinflussung des oberflächennahen Grundwasserstockwerks durch vertikale Salzwasseraufstiege durch den Emscher-Mergel hin-

durch kann dagegen weitgehend ausgeschlossen werden; solche Aufstiege sind nur lokal und in einem wasserwirtschaftlich unbedeutendem Umfang zu erwarten.

- Genauso ist auch eine unmittelbare signifikante Beeinflussung der Wasserstandshöhen im oberflächennahen Grundwasserstockwerk unwahrscheinlich, da die natürliche Versickerung durch den Emscher-Mergel im Rahmen der Sumpfungmaßnahmen des Steinkohlenbergbaus insbesondere im Hydrogeologischen Homogenbereich 2a als gering angesehen werden kann.
- Das Einwirkungspotenzial auf die wasserwirtschaftlich bedeutsamen Grundwasservorkommen im nördlichen Teil des Reviers ist daher insgesamt gering.
- Mit dem sukzessiven Ausgleich der Druckhöhen zwischen dem Standwasserniveau im Steinkohlengebirge und dem basalen Deckgebirgsaquifer verstärkt sich auch der hydrochemische Austausch zwischen den beiden Wässern; dies kann in Abhängigkeit von der Entwicklung der Wasserqualität im Steinkohlengebirge zu einer weiteren Aufsalzung des basalen Deckgebirgsaquifers führen.
- Im Zuge des Grubenwasseranstiegs im Hydrogeologischen Homogenbereich 2 sind bereits frühzeitig mögliche Einwirkungen auf den Hydrogeologischen Homogenbereich 3 (Grundwasserspiegelanstieg, Aufsalzung, Ausgasung) mit zu betrachten; eine konkrete Bewertung der möglichen Auswirkungen ist nur auf der Grundlage einer hydrogeologischen Detailbetrachtung möglich.

Im Rahmen des Monitorings sind im Hinblick auf die möglichen Einwirkungen im Deckgebirge neben der Entwicklung des Grubenwassers zu überwachen:

- Veränderung der Druckniveaus, der Grundwasserqualitäten und der Gasführung in N-S-gerichteten Profilen entlang des Anstiegs des basalen Deckgebirgsaquifers (Cenoman/Turon-Schichten); Überwachung der Mineralbrunnen

- Überwachung der Grundwasserstände, hydrochemischen Verhältnisse und Gasgehalte im südlichen Ausbissbereich der Cenoman/Turon-Schichten (Hydrogeologischer Homogenbereich 3)
- Überwachung möglicher Methan-Austritte im Bereich von Hauptstörungszonen und Schächten des Altbergbaus.

3.5.3 HY 3

Der Hydrogeologische Homogenbereich 3 ist im Wesentlichen gekennzeichnet durch:

- Ausbildung eines einheitlichen oberflächennahen Grundwasserstockwerks in den Cenoman/Turon-Schichten und den oberflächennahen stärker klüftigen Emscher-Mergeln; Kontaktzone zwischen dem „tiefen“ und dem „oberflächennahen“ Grundwasserstockwerk.
- zahlreiche Mineralbrunnen in den Cenoman/Turon-Schichten; lokale Wassergewinnung aus den Emscher-Mergeln.
- der Einwirkungsbereich der Zentralen Wasserhaltung umfasst innerhalb dieses Bereiches randlich auch Bereiche des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus.

Im Zuge des Grubenwasseranstiegs sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand vor allem folgende Auswirkungen zu berücksichtigen:

- Mit der Verdrängung des Grubengases aus den gefluteten Grubenbauen erfolgt ein direkter Aufstieg des Grubengases in das oberflächennahe Grundwasserstockwerk im Deckgebirge; über Störungszonen und Klüfte kann das Grubengas lokal an der Tagesoberfläche austreten. Im Zuge der Flutung der Grubenbaue ist daher mit einer verstärkten Ausgasung an der Tagesoberfläche zu rechnen.

- Mit der vollständigen Flutung der Grubenbaue erfolgt eine Verringerung der Versickerung von Deckgebirgswässern in das Grubengebäude nach Flutung des Steinkohlegebirges; zugleich endet die Ausgasung. Im Zuge der sukzessiven Abnahme der Druckhöhendifferenzen zwischen dem Standwasserniveau im Steinkohlegebirge und dem Grundwasser im Deckgebirge ist mit dem Aufstieg von Grubenwässern in das oberflächennahe Grundwasserstockwerk zu rechnen.

- Mit dem Anstieg des Standwasserniveaus sind quantitative und qualitative Veränderungen im oberflächennahen Deckgebirgsstockwerk zu erwarten.

Der Anstieg der Grundwasserstände kann sich damit auch auf die Sumpfungswassermengen in den Poldergebieten auswirken; in Abhängigkeit vom Ausmaß des Grundwasseranstiegs müssen ggfs. zusätzliche Flächen in die Polderung einbezogen werden.

- Durch die hydrochemische Veränderung (Aufsalzung) des Grundwassers im Deckgebirge kann es zu Einwirkungen auf die Förderung von Mineralbrunnen oder lokalen oberflächennahen Brunnen (z.B. im Emscher-Mergel) kommen.
- Darüber hinaus sind mit dem Anstieg des Standwasserniveaus in das Niveau des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus vorübergehend verstärkte Auswirkungen auf die Standsicherheit der Geländeoberfläche zu besorgen.

Im Rahmen des Monitorings sind in diesem Bereich neben der Entwicklung des Grubenwassers zu überwachen:

- Veränderung der Druckniveaus, der Grundwasserqualitäten und der Gasführung im Deckgebirgsaquifer
- Überwachung der Ausgasung insbesondere im Bereich von Störungszonen und Schächten des Altbergbaus

- Überwachung der Tagesoberfläche in den Risikozonen des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus

3.5.4 HY 4

Der Hydrogeologische Homogenbereich 4 zeichnet sich im Wesentlichen durch folgende Charakteristika aus:

- das Steinkohlengebirge tritt unter zumeist geringmächtiger quartärer Überdeckung zutage.
- die Gruben sind gekennzeichnet durch starke Niederschlags-bedingte Wasserzutritte.
- der Einwirkungsbereich der Zentralen Wasserhaltung umfasst innerhalb dieses Bereiches weitflächig die Bereiche des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus.

Im Zuge des Grubenwasseranstiegs sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand vor allem folgende Auswirkungen zu berücksichtigen:

- Im Zuge der Flutung des Grubengebäudes kann das Grubengas direkt über Klüfte, Auflockerungszonen oder Tagesöffnungen an der Tagesoberfläche entweichen. In Bereichen mit quartärer Lehmbedeckung kann sich das Grubengas lokal ansammeln.
- Mit Erreichen des Vorflutniveaus wird das Grubenwasser über alte Wasserlösungsstellen oder Auflockerungszonen an der Geländeoberfläche austreten und letztlich der Ruhr zufließen. Die möglichen Einwirkungen auf die Wasserqualität der Vorfluter und die Trinkwassergewinnung im Ruhr-Tal hängen von der Menge und der Qualität der zufließenden Wässer ab. Dabei ist zu berücksichtigen, dass letztlich

dieses Wasser schon heute als Mischwasser über die zentrale Wasserhaltung der Ruhr in deutlich größeren Mengen zugeführt wird, als es nach Abschluss des Grubenwasseranstiegs im Vorflutniveau zu erwarten ist.

- Darüber hinaus sind mit dem Anstieg des Standwasserniveaus insbesondere in dieser Zone im Niveau des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus vorübergehend verstärkte Auswirkungen auf die Standsicherheit der Geländeoberfläche zu besorgen.

Im Rahmen des Monitorings sind in diesem Bereich zu überwachen:

- Entwicklung der Grubenwasserqualitäten und Zulaufmengen
- Überwachung von Methan-Ausgasungen insbesondere im Bereich von Störungszonen und Schächten des Altbergbaus
- Überwachung der Tagesoberfläche in den Risikozonen des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus- Erfassung von Wasseraustritten an der Geländeoberfläche (Quellen) und an den Mundlöchern der alten Wasserlösungsstollen

4 Schutzziele, Problemzonen

Im Rahmen des Grubenwasseranstiegs stellen die Hydrogeologischen Homogenbereiche 3 und 4 insbesondere im Verbreitungsgebiet des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus im Hinblick auf die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse und die Grubengas-Situation die Hauptproblemzonen dar. Hier konzentrieren sich die verschiedensten Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Schutzgüter u.a. durch aufsteigendes Grubenwasser und Grubengas. Die Vielzahl von verlassenen Tagesöffnungen des Bergbaus bildet ein Risiko für die Standsicherheit der Tagesoberfläche; diese Problematik ist grundsätzlich aber auch unabhängig vom Grubenwasseranstieg vorhanden. In den Hydrogeologischen Homogenbereichen 3 und 4 muss daher auch der Schwerpunkt von Monitoring- und Schutz-Maßnahmen liegen.

In den übrigen Bereichen sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand aus wasserwirtschaftlicher Sicht die Einwirkungspotenziale deutlich kleiner; flächenhafte Methan-Ausgasungen sind außerhalb der oben benannten Hauptproblemzonen im Wesentlichen auf den östlichen Teil des Reviers (Hydrogeologischer Homogenbereich 2b) begrenzt. Dabei ist bisher nicht eindeutig geklärt, ob hier tatsächlich zukünftig Ausgasungen aus dem Steinkohlengebirge infolge des Grubenwasseranstiegs zu erwarten sind. Die Tagesbruchgefahr beschränkt sich außerhalb der Hydrogeologischen Homogenbereiche 3 und 4 auf die Bereiche unzureichend gesicherter Tagesöffnungen des tiefen Bergbaus (s. Anl. B3). Unsicher sind bisher auch das Ausmaß von Bodenhebungen sowie Hebungsdifferenzen und die möglichen Auswirkungen; hierzu sind kurzfristig weitergehende Grundlagenforschungen erforderlich.

Eine konkrete Bewertung der Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs wird erst auf der Grundlage von weiteren wissenschaftlich fundierten Detailuntersuchungen mög-

lich sein. Weiterhin sind die bestehenden Unsicherheiten hinsichtlich der Bewertung von Einwirkungen durch entsprechende Monitoring-Maßnahmen abzudecken.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen werden zunächst im Hinblick auf die Festlegung von Monitoring-Maßnahmen generell die Standsicherheit der Tagesoberfläche, die Vermeidung einer Gefährdung der Tagesoberfläche durch Methan-Ausgasungen sowie die Vermeidung von Einwirkungen auf wasserwirtschaftlich relevante Grundwasservorkommen bzw. Mineralwasserbrunnen als Schutzziele zugrunde gelegt.

Eine Detailfestlegung von Schutzziele im Rahmen des Grubenwasseranstiegs muss allerdings auf der Grundlage einer Fach- und Institutions-übergreifenden Abwägung der konkret zu erwartenden Einwirkungen und einer Bewertung der Auswirkung von Schutzmaßnahmen (z.B. Wasserhaltung) auf andere Schutzgüter (Gewässer, Methan-Ausgasung) erfolgen. Neben der Sicherung der Tagesoberfläche gegen Einbrüche, Ausbildung von Geländestufen und Methan-Austritten sind vor allem wasserwirtschaftliche Fragen abzuklären (Trinkwassergewinnung, Mineralbrunnen, Gewässergüte, Sumpfung von Poldergebieten). Dabei ist auch zu diskutieren, welche Schutzmaßnahmen dauerhaft angemessen sind, um heutige Nutzungen zu erhalten; auch Ersatzmaßnahmen sind in Betracht zu ziehen.

Somit sind letztlich die im Rahmen des Grubenwasseranstiegs zu betrachtenden Schutzziele auf der Grundlage einer weitergehenden Erforschung der konkreten Einwirkungspotenziale sowie der Möglichkeiten zur Minderung der Einwirkungen in einer gesamtheitlichen bergbaulich-wasserwirtschaftlichen Konzeption des Grubenwasseranstiegs festzulegen. In diese Diskussion sind alle beteiligten Stellen einzubinden, um die Forschungsaktivitäten und Maßnahmen zu bündeln und aufeinander

abzustimmen. Angesichts der Zeitschiene für die endgültige Stilllegung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrrevier besteht dringender Handlungsbedarf.

Das Monitoring ist letztlich auch auf die Erfassung noch fehlender Grundlagendaten insbesondere im Hinblick auf den Ist-Zustand und die Überwachung der im Detail noch festzulegenden Schutzziele abzustimmen.

In die Gesamtkonzeption des Grubenwasseranstiegs sind möglichst frühzeitig auch die Möglichkeiten zur Nachnutzung der Bergbaustandorte (Grubengas, Erdwärme) mit einzubeziehen. Durch entsprechende vorbereitende Maßnahmen im Rahmen der Stilllegung kann die Wirtschaftlichkeit solcher Nachnutzungen erheblich verbessert werden.

5 Untersuchungs- und Forschungsbedarf

Seitens der DSK wurden bereits umfangreiche Untersuchungen zur Erfassung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs beauftragt. Darüber hinaus besteht nach derzeitigem Kenntnisstand weiterer Untersuchungs- und Forschungsbedarf vor allem in folgenden Bereichen:

Bodenbewegungen:

a Bestandsaufnahme Ruhrrevier:

- Entwicklung eines Geländemodells auf der Grundlage der Preußischen Landesaufnahme als Bezugsgröße für den Urzustand
- Entwicklung eines aktuellen Geländemodells
- Erfassung von Bereichen, in denen bereits Bodenhebungen erfolgt sind
- Erfassung der im Grubenbild dokumentierten Unstetigkeitszonen (Erdstufenkaster)

b Entwicklung Prognosemodell:

- Auswertung der Daten aus anderen Stilllegungsbereichen
- Erforschung der Ursachen für Bodenhebungen unter Berücksichtigung bergbau-licher sowie geologisch-tektonischer und hydrogeologischer Faktoren
- Definition von Problembereichen mit Risiken für die Geländeoberfläche
- Zusammenstellung möglicher Schutzmaßnahmen

c Anpassung des Monitoring-Systems:

- Anpassung der Messlinien und Festpunktabstände an potenzielle Problembereiche

- Überprüfung der Einsatzmöglichkeiten für eine flächenhafte Erfassung von Bodenbewegungen z.B. durch das DINSAR-Verfahren (s. Kap. 2.3)
- Erfassung bzw. Auswertung von Daten zu den geologisch-hydrogeologischen Einflussfaktoren

Hydrogeologie

a Bestandsaufnahme der tiefen Grundwasserstockwerke:

- Bestandsaufnahme der verfügbaren Pegel einschließlich vorhandener Daten zu Grundwasserständen und hydrochemischen Verhältnissen
- Darstellung des Ist-Zustandes der tiefen Grundwasserkörper hinsichtlich Druckhöhen und hydrochemischer Beschaffenheit
- Erfassung der Auswirkungen des Bergbaus auf die Grundwasserverhältnisse
- Klärung der Wechselwirkung zwischen Steinkohleengebirge, tiefen Grundwasserstockwerken und oberflächennahem Grundwasserstockwerk; Hydrogeologische Modellbetrachtungen

b Bestandsaufnahme der Süßwasser/Salzwassergrenze im oberflächennahen Grundwasserstockwerk:

- Bestandsaufnahme der verfügbaren Pegel mit Filterstrecke an der Basis des oberflächennahen GW-Stockwerks
- Darstellung des Ist-Zustandes des oberflächennahen Grundwasserkörpers hinsichtlich Druckhöhen und hydrochemischer Beschaffenheit
- Klärung möglicher Salzwasseraufstiegswege in das oberflächennahe Grundwasserstockwerk
- Klärung der Wechselwirkung zwischen Emscher-Mergel und oberflächennahem Grundwasserstockwerk; Hydrogeologische Modellbetrachtungen

- c Überprüfung der Hydrogeologischen Homogenbereiche:
 - Klärung der hydraulischen Eigenschaften der Barrieregesteine (Zechstein, Em-scher-Mergel, Lintforter Schichten)
 - Überprüfung der vertikalen und horizontalen hydraulischen Verbindungen zwi-schen den verschiedenen Deckgebirgsaquiferen

- d Anpassung des Monitoring-Systems:
 - Festlegung zusätzlich erforderlicher Grundwassermessstellen
 - Festlegung kritischer Leitparameter

- e Grundwassermodelle:
 - Bestandsaufnahme der vorhandenen Grundwassermodelle
 - Überprüfung der Möglichkeiten zur Kopplung der Modelle
 - Definition von Schnittstellen; Aufzeigen von Modelllücken; Ergänzungsbedarf
 - Erarbeitung eines Gesamtmodells des hydrogeologischen Systems im Ruhrre-vier als Grundlage für eine konkrete Bewertung der Einwirkungen des Gruben-wasseranstiegs auf wasserwirtschaftlich relevante Grundwasserkörper

Standicherheit der Tagesoberfläche

- differenzierte Abgrenzung der Bereiche des tagesnahen und des oberflächennahen Altbergbaus
- flächenhafte Bearbeitung von bergbaulich-geotechnischen Stellungnahmen zur Abgrenzung von Gefährdungsbereichen und Risikozonen des oberflächen- und ta-gesnahen Altbergbaus
- Erarbeitung eines Monitoring-Systems zur Überwachung der Geländeoberfläche bzw. potenziell gefährdeter Zonen des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus

- Bewertung der Risiken im Bereich der unzureichend gesicherten Schächte des tiefen Bergbaus außerhalb der Zone des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus; Erarbeitung von Sicherungs- und Schutzkonzepten
- Erarbeitung von Konzepten zur Begrenzung des Grubenwasseranstiegs in Bereichen des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus

Methan-Zuströmungen an der Tagesoberfläche:

- Barrierewirkung verschiedener lithologischer Einheiten (z.B. Emscher-Mergel, Lintforter Schichten)
- Vergleichende Betrachtung und Bewertung der Methan-Zuströmungen vor, während und nach Abschluss des Grubenwasseranstiegs
- hier sind zunächst die Ergebnisse des laufenden Forschungsprojektes von DSK und DMT abzuwarten (s. Kap. 1.4)

Sonstiges

- Bestandsaufnahme der Folgen des Grubenwasseranstiegs sowie der Höhenlage des Standwasserniveaus im südlichen Ruhrrevier außerhalb des Einwirkungsbereiches der zentralen Wasserhaltung
- Bestandsaufnahme der verfügbaren Lotungsstellen für die Überwachung der Standwasserniveaus und der Gasdrücke im Karbon innerhalb des Einflussbereiches der bestehenden Wasserhaltungen

6 Definition von Überwachungszonen und -modulen für das Monitoring des Grubenwasseranstiegs

Umfang und betrachtete Schutzgüter des Monitoring-Systems sind in Abhängigkeit vom Einwirkungspotenzial der verschiedenen Phasen des Grubenwasseranstiegs festzulegen. Dabei ist einerseits die räumliche Gliederung des Ruhrreviers nach Zonen unterschiedlicher Einwirkungspotenziale (u.a. Hydrogeologische Homogenbereiche, Verbreitung des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus) und andererseits die Abhängigkeit des Einwirkungspotenzials von der Höhe des Standwasserniveaus zu berücksichtigen. Darüber hinaus ist immer auch ein ausreichender Vorlauf der Untersuchungen zur Erfassung des Ist-Zustandes vor Einsetzen konkreter Einwirkungen einzuhalten.

6.1 Überwachungszonen des Monitoring-Systems

Basis der räumlichen Strukturierung des Monitoring-Systems bilden die Hydrogeologischen Homogenbereiche (Anl. B14), die in genereller Form auch Bereiche unterschiedlichen Einwirkungspotenzials hinsichtlich Wasserwirtschaft und Methan-Ausgasung abdecken. Darüber hinaus werden für das Monitoring-System das Ausmaß betriebszeitlicher Wasserzutritte als Indikator für die zu erwartenden Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs im Deckgebirge berücksichtigt. Bereiche mit einer Deckgebirgsüberlagerung von > 400 m (Zone C nach HAHNE & SCHMIDT, 1982; vgl. Anl. B8) sowie Bereiche mit Zechsteinverbreitung (Anl. B9) werden daher gesondert ausgehalten. Örtlich erfolgte eine geringfügige Anpassung der Zonengrenzen an

Betriebsgrenzen der Bergwerke (z.B. im Bereich Bergwerk Walsum). Daraus ergibt sich folgende Gliederung der Überwachungszonen des Monitorings (s. Anl. C1):

Zone A

Bereich mit vernachlässigbaren Wasserzuflüssen aus dem Deckgebirge

- HY 1 im Verbreitungsbereich der Zechsteinablagerungen
- HY 2a im Bereich mit einer Deckgebirgsüberlagerung > 400 m

Zone B

- HY 1 außerhalb des Verbreitungsbereiches der Zechsteinablagerungen
Teilbereich von HY 1 ohne konkrete Erkenntnisse über Wasserzuflüsse aus dem tertiären Deckgebirge; verstärkte hydraulische Verbindung zwischen Grund- und Deckgebirge zu erwarten

Zone C

HY 2b – gegenüber Zone A verstärkte hydraulische Verbindung zwischen Grund- und Deckgebirge zu erwarten, insbesondere im südlichen Teil (Bereich Bergwerk Ost) verstärkte Methan-Zuströmungen nach HOLLMANN (2001) bekannt

Zone D

HY 2a mit einer Deckgebirgsüberlagerung < 400 m

Zone E

entspricht HY 3

Zone F

HY 4 im Einflussbereich der Zentralen Wasserhaltung

Die Festlegung der Zonen des Überwachungssystems orientiert sich an dem gemäß Bezirksregierung Arnsberg und DSK ausgewiesenen Einflussbereich der derzeitigen Wasserhaltungen.

Der tatsächliche Einflussbereich der Zentralen Wasserhaltungen im südlichen Teil des Reviers über die Grenzen der eigentlichen Wasserhaltungsprovinzen hinaus ist bisher nicht konkret erfasst. Dies ist im Rahmen weitergehender Untersuchungen zu klären. Die Überwachungszone F ist somit im Rahmen des Grubenwasseranstiegs gegebenenfalls in südlicher Richtung auf weitere Bereiche des oberflächen- und tagesnahen Bergbaus zu erweitern.

6.2 Module des Monitoring-Systems

Innerhalb der einzelnen Überwachungszonen (A - F) wird das Monitoring stufenweise in Abhängigkeit von der Höhe des Grubenwasseranstiegs und den damit verbundenen Änderungen von Einwirkungspotenzialen aufgebaut. Auf der Grundlage des derzeitigen Kenntnisstandes ist zunächst nur eine grobe Gliederung der Anstiegsphasen möglich. Im Rahmen von Detailuntersuchungen können insbesondere die Einwirkungsphasen im Deckgebirge in Abhängigkeit von der relativen Lage der Druckhöhen im Steinkohlengebirge und den überlagernden Deckgebirgsaquiferen weiter differenziert werden.

Im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung werden folgende Anstiegsstufen berücksichtigt:

1. Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus
2. Flutung des Grubengebäudes im Karbon im Niveau des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus
3. Einstau Deckgebirge bzw. Überstau Vorflutniveau in den „deckgebirgsfreien“ Zonen des Reviers (HY 4)

Durch Kombination der so definierten Überwachungszonen und Anstiegsstufen ergibt sich das in Anl. C2 dargestellte modulare Monitoring-System.

Eine weitergehende Untergliederung des Monitorings im Rahmen des Einstaus im Deckgebirgsniveau ist erst auf der Grundlage einer detaillierten Erfassung der Grundwasserverhältnisse im Deckgebirge möglich.

Im Rahmen der Überwachung des Grubenwasseranstiegs ist hinsichtlich des Untersuchungsumfanges grundsätzlich ein gestuftes Vorgehen vorzusehen. Messintervalle und Parameter des Überwachungssystems sind regelmäßig auf der Grundlage einer fachtechnischen Bewertung an den Verlauf des Grubenwasseranstiegs und die laufenden Untersuchungsergebnisse anzupassen. Der im Folgenden in Teil D für die einzelnen Module zusammengestellte Untersuchungsumfang kann daher nur einen groben Rahmen für Monitoring-Maßnahmen darstellen.

Teil D - Musterkatalog für Monitoring-Maßnahmen im Rahmen der stufenweisen Einstellung der Wasserhaltung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrrevier

1 Allgemeines

Für die einzelnen in Teil C aufgestellten Module des Monitoring-Systems sind im Folgenden die Grundsätze und Zielsetzungen der jeweiligen Monitoring-Maßnahmen dargestellt. Einen zusammenfassenden Überblick über die Überwachungszonen und die zugehörigen Module des Monitoring-Systems gibt Anl. D1. Die zugehörigen Monitoring-Maßnahmen mit einem Vorschlag für Mess- und Beprobungsintervalle für die einzelnen Module sind in Anh. 2 zusammengestellt.

Im Hinblick auf die zur Überwachung der Qualität von Gruben- und Grundwasser durchzuführenden hydrochemischen Analysen enthält Anh. 3 einen Vorschlag für Untersuchungsparameter. Dabei erfolgt eine Unterteilung in insgesamt 5 Parameterpakete, die einerseits die Haupt- und Nebenbestandteile sowie anthropogene Belastungen in unterschiedlichem Umfang enthalten (PP1, PP2); andererseits sind Sonderbelastungen wie z.B. durch Radioaktivität (PP3), Vererzungen (PP4) oder Sulfat-Reduktion (PP5) berücksichtigt.

Die Schächte des tiefen Bergbaus sollten grundsätzlich vor einem Einstau der Füllsäule gesichert werden. Für die bereits heute gefluteten Schächte ist eine Bestandsaufnahme und Bewertung der Einwirkungspotenziale erforderlich. Gegebenenfalls erforderliche Sicherungsmaßnahmen sind nach einer Prioritätenliste abzarbeiten.

2 Zone A

2.1 Modul A1 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus

Das Modul A1 umfasst

- **Teilstilllegungen in der Zone des aktiven Bergbaus**, in deren Rahmen das Standwasserniveau im Niveau des Steinkohlengebirges bis zum Erreichen einer Übertrittsstelle zu einer aktiven Wasserhaltung ansteigt (vgl. BW Lohberg)
- vollständige Flutung von Bergwerken nach **Einstellung der betrieblichen Wasserhaltung** und dauerhafte **hydraulische Abtrennung** von Betriebsbereichen durch einen Wasserdamm
- **Anhebung von Wasserhaltungsniveaus im Bereich der zentralen Wasserhaltung**, in deren Verlauf das Standwasserniveau bis in das Niveau eines neu definierten Schutzzieles (potenzielle Übertrittsstelle) angehoben wird.

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass das Grubenwasser nach Erreichen des vorab definierten Teilanstiegszieles/Schutzzieles einer Wasserhaltung zugeführt und damit in ein Gewässer eingeleitet wird.

Für das Monitoring sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Qualität und Menge des mit Erreichen des Schutzzieles bzw. der Übertrittsstelle einer aktiven Wasserhaltung zuströmenden Grubenwassers sind mit ausreichendem Vorlauf zu erfassen, um Auswirkungen auf die Gewässereinleitungen frühzeitig bewerten und gegebenenfalls Maßnahmen ergreifen zu können

- der Verlauf des Grubenwasseranstiegs und die Entwicklung der Grubenwasserqualitäten sind im Hinblick auf den Erkenntnisgewinn und die Validierung von Prognosewerkzeugen (z.B. Boxmodell, vertikale Schichtung) zu erfassen
- in diesem Zusammenhang sollte in regelmäßigen Abständen auch eine Überprüfung der Strömungsverhältnisse im Flutungsbereich sowie die Ausbildung einer Schichtung unterschiedlicher Grubenwasserqualitäten durch geeignete Verfahren (z.B. Tiefenlogs) erfolgen; die Messintervalle müssen in Abhängigkeit von der Entwicklung des Grubenwasseranstiegs festgelegt werden;
- mit dem Einstau von Abbaubereichen erfolgt auch ein Ausspülen von Betriebsstoffen; dabei sind auch Belastungen insbesondere an PCB bzw. PCB-Ersatzstoffen nicht auszuschließen; da derzeit keine Kriterien für die Abgrenzung von PCB-Belastungsschwerpunkten innerhalb des Reviers vorliegen und die Gewässer eine diffuse Belastung dieser Stoffe aufweisen, sollte dieser Parameter grundsätzlich in das Überwachungsprogramm Grubenwasseranstieg mit einbezogen werden
- in Gruben mit bekannten Vererzungen (z.B. Zeche Auguste Victoria) sind zusätzlich Schwermetalle zu berücksichtigen (Zink, Blei; Verteilung der Haupterzgänge s. Anl. B6)
- in Bereichen mit Fremdversatz sind gegebenenfalls zusätzliche Parameter auf der Grundlage der entsprechenden Betriebsplanzulassungen für den Versatzbetrieb zu berücksichtigen
- Überwachung der Entgasung des Grubengebäudes
 - in benachbarte aktive oder bereits stillgelegte Gruben (z.B. auch durch Messungen in Schächten benachbarter Stilllegungsbereiche) und/oder
 - in das Deckgebirge
- Überwachung der Bodenbewegungen

2.2 Modul A3 - Einstau des Deckgebirges

- Da in der Zone A keine signifikanten Einwirkungen auf die Grundwasserverhältnisse im Deckgebirge erwartet werden, ist ein flächenhaftes Monitoring des basalen Deckgebirgsaquifers innerhalb der Zone A nicht erforderlich
- zur Beweissicherung erfolgt eine stichprobenartige Erfassung möglicher Veränderungen der Wasserstände und der Wasserqualität im basalen Deckgebirge
- die möglichen Auswirkungen auf die Mineralbrunnen im Raum Dorsten und Walsum (s. Anl. B22) sind im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung zu bewerten; auf der Grundlage dieser Detailauswertung können gegebenenfalls auch spezielle Monitoring-Maßnahmen im Umfeld der Gewinnungsanlagen erforderlich werden

3 Zone B

3.1 Modul B1 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus

Das Modul B1 umfasst die Stilllegungsszenarien des Modul A1. Für das Monitoring sind zusätzlich zu A1 folgende Punkte zu berücksichtigen:

- da verstärkte Ausgasungen in das Deckgebirge nicht auszuschließen sind, ist eine entsprechende Überwachung der Gasgehalte im basalen Deckgebirgsaquifer - im Liegenden der „gasdichten“ Lintforter Schichten - für die Beweissicherung erforderlich

3.2 Modul B3 - Einstau des Deckgebirges

- im Rahmen des Deckgebirgseinstaus in der Zone B liegt der Schwerpunkt bei der Beweissicherung der Grundwasserverhältnisse im basalen Deckgebirgsaquifer; Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse im wasserwirtschaftlich bedeutsamen oberflächennahen Niveau des Deckgebirges im Hangenden der Lintforter Schichten werden derzeit nicht erwartet
- eine flächenhafte Überwachung der oberflächennahen Deckgebirgsaquifere wird erst erforderlich, wenn signifikante Veränderungen im Liegenden der Lintforter Schichten festgestellt werden
- unterschiedliche Druckhöhenänderungen im Deckgebirge können zu Hebungsdifferenzen an der Geländeoberfläche führen; die Entwicklung der Wasserstände entlang von hydraulisch wirksamen Deckgebirgsstörungen ist daher zu überwachen
- mögliche Auswirkungen auf die Mineralbrunnen im Raum Moers (s. Anl. B22) sind im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung zu bewerten; auf der Grundlage dieser Detailauswertung können gegebenenfalls auch spezielle Monitoring-Maßnahmen im Umfeld der Gewinnungsanlagen festgelegt werden.

4 Zone C

4.1 Modul C1 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus

Das Modul C1 umfasst die Stilllegungsszenarien des Modul A1. Für das Monitoring sind zusätzlich zu A1 folgende Punkte zu berücksichtigen:

- da verstärkte Ausgasungen in das Deckgebirge und auch insbesondere im südlichen Teil (Bergwerk Ost) Gaszutritte an der Tagesoberfläche nicht auszuschließen sind, ist eine entsprechende Überwachung der Gasgehalte im basalen Deckgebirgsaquifer - Cenoman/Turon-Schichten - für die Beweissicherung erforderlich
- insbesondere im Bereich Bergwerk Ost ist auch eine Überwachung der Gasgehalte im oberflächennahen Deckgebirgsaquifer erforderlich.

4.2 Modul C3 - Einstau des Deckgebirges

- in der Zone D sind zunächst die zu erwartenden quantitativen und qualitativen Einwirkungen auf die Grundwasserverhältnisse im basalen Grundwasserstockwerk zu überwachen
- eine Überwachung der Grundwasserverhältnisse im Hangenden des Emscher-Mergels wird erst dann erforderlich, wenn signifikante Einwirkungen auf den basalen Aquifer festgestellt werden

5 Zone D

5.1 Modul D1 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus

Das Modul D1 umfasst die Stilllegungsszenarien des Modul A1. Für das Monitoring sind zusätzlich zu A1 folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Überwachung der Entgasung des Grubengebäudes in benachbarte Gruben sowie im Hinblick auf flächenhafte Ausgasungen in den basalen Deckgebirgsaquifer und auch lokale Gaszuströmungen über tektonische Störungszonen oder bergbaulich bedingte Bruchzonen zur Tagesoberfläche
- die Überwachung der Gaszuströmungen im basalen Deckgebirgsstockwerk ist auch im Hinblick auf die frühzeitige Erfassung eines Aufstieges von Methan-Gasen in den südlichen Ausbissbereich der Cenoman/Turon-Schichten (HY 3) vorzunehmen; bei Feststellung signifikanter Gasgehalte ist eine Erweiterung des Beobachtungsnetzes auf die Zone F vorzunehmen

5.2 Modul D3 - Einstau des Deckgebirges

- in der Zone D sind zunächst die möglichen quantitativen und qualitativen Einwirkungen auf die Grundwasserverhältnisse im basalen Grundwasserstockwerk zu überwachen
- darüber hinaus sollte, wie hinsichtlich der Gaszuströmungen (Modul D1), eine Beweissicherung der Grundwasserverhältnisse im oberflächennahen Grundwasserstockwerk im Bereich von vertikalen hydraulischen Wegsamkeiten im Deckgebirge erfolgen
- bei signifikanten Veränderungen der Grundwasserverhältnisse im basalen Deckgebirgsaquifer der Zone D sind die Monitoring-Maßnahmen auf die Zone E zu erweitern
- in diesem Zusammenhang ist insbesondere eine Beweissicherung für die in den Zonen D und E gelegenen Mineralbrunnen auf der Grundlage einer Detailbewertung des Einwirkungspotenzials erforderlich

6 Zone E

6.1 Modul E1 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus

Das Modul E1 umfasst

- **Anhebung von Wasserhaltungsniveaus im Stilllegungsbereich der zentralen Wasserhaltung**, in deren Verlauf das Standwasserniveau bis in das Niveau eines neu definierten Schutzziels (potenzielle Übertrittsstelle) angehoben wird.

Für das Monitoring ist neben den für Modul A1 zusammengestellten Punkten Folgendes zu berücksichtigen:

- Überwachung der Entgasung des Grubengebäudes in benachbarte Gruben sowie im Hinblick auf flächenhafte Ausgasungen in den basalen Deckgebirgsaquifer und Gaszuströmungen an der Tagesoberfläche; die potenziell beeinflussten Bereiche im Umfeld des unmittelbaren Flutungsbereiches sind in das Monitoring einzubeziehen

6.2 Modul E2 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon im Niveau des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus

Mit dem Anstieg in das Niveau des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus muss innerhalb des Verbreitungsgebietes zusätzlich flächenhaft mit Einwirkungen auf die Tagesoberfläche (Setzungen, Senkungen, Tagesbrüche) gerechnet werden. Darüber hinaus umschreibt diese Phase die letzte Flutungsphase im Karbon, in deren Verlauf der Gasdruck in den verbliebenen oberflächennahen Hohlräumen des Steinkohlengebirges lokal stark ansteigen kann.

Im Verbreitungsgebiet des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus (s. Anl. C1) ist daher unabhängig von den vorzunehmenden Untersuchungen und Sicherungsmaßnahmen eine intensive Überwachung der Geländeoberfläche erforderlich.

Das Monitoring ist im Detail auf der Grundlage von bergbaulich-geotechnischen Bewertungen der Flächen des Altbergbaus aufzubauen.

6.3 Modul E3 - Einstau des Deckgebirges

- in der Zone E sind in dieser Phase insbesondere die quantitativen und qualitativen Einwirkungen auf die Grundwasserverhältnisse im Deckgebirge zu überwachen; dabei ist der Schwerpunkt auf den südlichen Ausbissbereich der Cenoman/Turon-Schichten zu legen, wo das basale Deckgebirgsstockwerk und das oberflächennahe Grundwasserstockwerk in den oberen Schichten des Emscher-Mergels hydraulisch miteinander verbunden sind
- darüber hinaus sind zahlreiche Mineralbrunnen unmittelbar durch den Grubenwasseranstieg betroffen; die erforderlichen Monitoring-Maßnahmen für diese Mineralbrunnen sind auf der Grundlage von Einzelfallbetrachtungen festzulegen

7 Zone F

7.1 Modul F1 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon unterhalb des Niveaus des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus

Das Modul F1 umfasst

- **Anhebung von Wasserhaltungsniveaus im Stilllegungsbereich der zentralen Wasserhaltung**, in deren Verlauf das Standwasserniveau bis in das Niveau eines neu definierten Schutzziels (potenzielle Übertrittsstelle) angehoben wird.

Für das Monitoring ist neben den für Modul A1 zusammengestellten Punkten Folgendes zu berücksichtigen:

- Überwachung der Entgasung des Grubengebäudes in benachbarte Gruben sowie im Hinblick auf Zuströmungen an der Tagesoberfläche
im Zusammenhang mit der bergbaulich-geotechnischen Beurteilung der Altbergbaubereiche sind Risikozonen der Entgasung sowie auch Bereiche, in denen sich das Gas unterhalb von quartären Decklehmen ansammeln kann, zu identifizieren und unabhängig von gegebenenfalls durchzuführenden Sicherungsmaßnahmen zu überwachen

7.2 Modul F2 - Flutung des Grubengebäudes im Karbon im Niveau des oberflächen- und tagesnahen Altbergbaus

Maßnahmen entsprechend Modul E2

7.3 Modul F3 - Überstau Vorflutniveau

Mit dem Erreichen der Karbonoberfläche wird das Grubenwasser in der Zone F den lokalen Vorflutern zufließen. Über alte Wasserlösungsstollen und Auflockerungszonen des tagesnahen Bergbaus wird das Grubenwasser vor allem im Ruhrtal zutage treten.

In diesem Zusammenhang sind zusätzlich zu den Einwirkungen im Rahmen der Module F1 und F2 insbesondere Einwirkungen auf die Wassergewinnung im Ruhr-Tal zu besorgen. Diese sind im Rahmen des Monitorings zu erfassen und zu bewerten. In besonders sensiblen Bereichen sind kontinuierliche Überwachungssysteme mit automatischer Warnmeldeeinrichtung zu installieren.

8 Berichtswesen

Zum Berichtswesen zu dem Monitoring-Programm sollten mindestens folgende Festlegungen getroffen werden:

- Die im Rahmen des Monitoring erhobenen Daten sind regelmäßig tabellarisch in digitaler Form in einem abgestimmten Datenformat der Bergbehörde vorzulegen;
- Alarmmeldungen sind unverzüglich an eine abgestimmte Stelle weiterzuleiten;
- Die Untersuchungsergebnisse sind in Form von Jahresberichten zu dokumentieren und zu bewerten.

Die Berichterstattung enthält einen Vergleich von Prognosen und tatsächlichen Feststellungen sowie entsprechend überarbeitete Prognosen für den nachfolgenden Berichtszeitraum. Dabei sind auch Anpassungen des Monitorings sowie gegebenenfalls erforderliche Maßnahmen zu diskutieren.

9 Schlussbemerkung

Der vorliegende Vorschlag für ein Monitoring-Programm zur Überwachung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier wurde auf der Grundlage einer Übersichtsdarstellung der bergbaulich-geologisch-hydrogeologischen Grundlagen des Ruhrreviers und der gegebenenfalls im Rahmen des Grubenwasseranstiegs betroffenen Schutzgüter sowie den Erfahrungen aus anderen Stilllegungsbereichen des Steinkohlenbergbaus erarbeitet. Dieses Monitoring-Programm kann daher nur einen ersten generellen Rahmen für die zukünftig erforderlichen Überwachungs-Maßnahmen darstellen.

Die vordringliche Aufgabe im Hinblick auf die Konkretisierung und fachtechnische Umsetzung des Monitoring-Systems besteht in einer wissenschaftlich fundierten Erarbeitung der fachtechnischen Grundlagen zur konkreten Bewertung der Einwirkungspotenziale des Grubenwasseranstiegs. Darüber hinaus muss u.a. zwischen den verschiedenen beteiligten Behörden (u.a. Bergbehörde, Wasserbehörde, Wasserverbände, Naturschutzbehörde) und den betroffenen Bergwerksunternehmen, im Wesentlichen DSK, auf der Grundlage einer fachtechnisch fundierten Abwägung der Auswirkungen verschiedener Szenarien des Grubenwasseranstiegs Konsens über die im Rahmen des Grubenwasseranstiegs einzuhaltenden Schutzziele und eine Gesamtkonzeption für die Abwicklung des Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier entwickelt werden. In diesem Zusammenhang sind möglichst frühzeitig auch die Möglichkeiten zur Nachnutzung der Bergwerksstandorte (Grubengas, Erdwärme) zu berücksichtigen.

Das Monitoring-Programm selbst muss auf der Grundlage des stetigen Erkenntniszuwachses flexibel weiterentwickelt werden. Wichtig ist dabei vor allem ein intensiver

Austausch über die Ergebnisse der Monitoring-Maßnahmen zwischen den beteiligten Behörden, Wasserverbänden und den beteiligten Bergwerksunternehmen bzw. deren Rechtsnachfolgern (Alt-Bergbaugesellschaften). Dazu wäre sicherlich auch die Einrichtung eines übergeordneten Arbeitskreises sinnvoll.

Den vielfältigen Betroffenheiten eines flächenhaften Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier, der sich in Abhängigkeit von dem gewählten Szenario über mehrere Jahrzehnte hinziehen kann, wird man nur durch ein umfassendes fachübergreifendes Handeln gerecht werden können. Gerade auch die Koordination von Monitoring-Maßnahmen kann erheblich zur Minimierung des Untersuchungsaufwandes beitragen.

Ein umfassendes fachübergreifendes Handeln wird aber vor allem dann von wesentlicher Bedeutung sein, wenn es darum geht, die Schutzziele und ein im Hinblick auf eine dauerhafte Minimierung der Einwirkungen des Grubenwasseranstiegs ausgerichtetes Grubenwasseranstiegskonzept für das Ruhrgebiet festzulegen.

Aachen, den 30. April 2007

Projektbearbeiter:

(Dipl.-Geol. P. Rosner)

(Dr.-Ing. M. Heitfeld)

